# Die Veränderung im Nährstoffgehalte des Ackerbodens bei dauernd fehlender Düngung.

**(Statischer Versuch.)**

---

## Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der Doktorwürde

der

Hohen Philosophischen Fakultät der Universität Leipzig

R. UNIV. BIBLIOTHEEK LEIDEN

vorgelegt von

**Maximilian v. Kreusch**
aus Riga.

Halle (Saale).
Buchdruckerei Heinrich John.
1916.

Angenommen von der III. Sektion auf Grund der Gutachten der Herren

**Kirchner** und **Hantzsch.**

**Leipzig,** den 11. Juli 1916.

**Der Prokanzellar.**
G. Herglotz.

Meinen Eltern

und

meiner Tante

Erna Baronesse Tiesenhausen

gewidmet.

Nachstehende Arbeit wurde im Landwirtschaftlichen Institut der Universität Leipzig ausgeführt.

Allen meinen Lehrern, insbesondere

**Herrn Geheimen Hofrat Professor Dr. W. Kirchner,**

der die Anregung zur vorliegenden Untersuchung gab und mir bei meiner Arbeit stets wohlwollende Unterstützung gewährt hat, bin ich zu großem Dank verpflichtet.

Ferner gebührt Herrn **Dr. C. Böhmer** für die freundlichst gegebenen analytischen Anweisungen und Herrn **Dr. E. Wahl** für die bereitwilligst erteilten Ratschläge mein herzlichster Dank.

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41545814_0041

# Inhaltsverzeichnis.


Seite

1. Einleitung . . . . . 9
2. Plan und Zweck der Untersuchung . . . . . 12
3. Der Gehalt des Bodens bei dauernd fehlender Düngung:
   a) an Stickstoff . . . . . 16
   b) an mineralischen Pflanzennährstoffen . . . . 26
   c) an Humus . . . . . 35
4. Die Beziehungen zwischen dem Humus- und Stickstoffgehalte des Bodens bei fehlender Düngung . . . . . 40
5. Die Erträge in der vorliegenden Fruchtwechselwirtschaft bei fortgesetztem Unterbleiben der Düngung . . . . . 45
6. Zusammenfassung . . . . . 53
7. Analytische Untersuchungsverfahren . . . . . 55
8. Tabellen . . . . . 59

# 1. Einleitung.

Es gibt wohl kaum ein verwickelteres und vielseitigeres Gebilde als den Boden. Nicht allein seine verschiedene Entstehung und Lagerung, sondern hauptsächlich die Wechselwirkung zwischen den vielseitigen chemischen Umsetzungen und dem reichen organischen Leben sind es, die den Boden so außerordentlich verschiedenartig und verwickelt erscheinen lassen. Als Standort und Nährstoffquelle der landwirtschaftlichen Kulturgewächse ist der Boden die Grundlage der Landwirtschaft und die eingehende Kenntnis seiner Eigenschaften und Fähigkeiten für den gewinnbringenden Betrieb unerläßlich.

Eine wissenschaftlich theoretische Erkenntnis hat auf diesem Gebiete eigentlich erst mit der Statik Platz gegriffen, als deren Begründer Albrecht Thaer anzusehen ist. Nach Thaer[1]) ist der Humus der ernährende Stoff der Pflanzen; er meint, daß der Grad der Erschöpfung eines Bodens an Humus durch die einzelnen Pflanzen zur Menge der darin enthaltenen Pflanzennährstoffe in einem gewissen Verhältnis stehe; diese bodenerschöpfende Kraft der einzelnen landwirtschaftlichen Kulturgewächse hat er dann mit Hilfe Einhofs durch Zahlen ausgedrückt. Thaers Schüler, Carl von Wulffen[2]) hat diese Lehre vom Supremat des Humus noch weiter ausgesponnen, wobei er seine Darlegungen unter Zuhilfenahme der Algebra veranschaulicht. Auch Heinrich von Thünen[3]) war vornehmlich an dem Ausbau dieser Humustheorie beteiligt.

Durch das Erscheinen der Sprengelschen Düngerlehre[4]) und durch das Auftreten Justus von Liebigs[5]) wurde die bis-

[1]) Thaer: Grundsätze der rationellen Landwirtschaft, Bd. I, S. 244 bis 276, 1837.

[2]) Wulffen: Die Vorschule der Statik der Landbauer, S. 21 u. f. 1830.

[3]) Thünen: Der isolierte Staat. Rostock 1862, 2. Aufl.

[4]) Sprengel: Die Lehre vom Dünger. Leipzig 1839.

[5]) Liebig: Die Chemie in ihrer Anwendung auf Agrikultur und Physiologie. 1840.

herige Humustheorie über den Haufen geworfen und mit den damaligen Hilfsmitteln der Chemie und Physiologie eine neue Theorie über Pflanzenernährung aufgestellt. Man ging von dem Grundsatze aus, daß eine Pflanze nicht gedeihen könne, wenn sie nicht alle diejenigen Stoffe im Ackerboden vorfinde, welche in ihrer Asche enthalten sind. Um eine Erschöpfung des Ackers zu vermeiden, fordert Liebig, es müßten alle durch die Ernten entzogenen Pflanzennährstoffe dem Boden durch Düngung sofort wieder ersetzt werden. Während Liebig hauptsächlich auf die Zufuhr der mineralischen Nährstoffe Gewicht legte, tauchte alsbald eine sogenannte Stickstofftheorie auf, deren Vertreter, Emil Wolff[1]) und Stöckhardt[2]), der Ansicht waren, man müsse dem Boden in erster Linie Stickstoff zuführen, da der Mangel an diesem Pflanzennährstoff in den meisten Fällen als Ursache der Bodenerschöpfung betrachtet werden müsse. Die Forderung des „Wiederersatzes" wurde dabei stets in der von Liebig gefaßten Form aufrecht erhalten und erst Drechsler[3]) war es, der im Jahre 1869 diese Lehre nach anderen Gesichtspunkten hin ausbaute, indem er folgenden Satz aufstellte: „Die Düngung ist einzurichten nach dem Nährstoffbedarf der der Düngung folgenden Gewächse unter Berücksichtigung der disponiblen Nährstoffe im Boden". Diese Forderung, daß die Menge und Zusammensetzung des Düngers für den kommenden, nicht für den abgelaufenen Wirtschaftsabschnitt berechnet werden soll, ist auch in der Gegenwart anerkannt. Die große Bedeutung, welche dem „Wiederersatz" früher zugeschrieben wurde, hat in vollem Umfange Gültigkeit behalten. Wollny[4]), der insbesondere die physikalischen Bodenverhältnisse untersucht hat, weist wiederholt darauf hin, daß nicht ausschließlich die Menge der im Boden vorhandenen Pflanzennährstoffe für die Höhe der Ernte maßgebend ist, sondern daß diese, außer vom Nährstoffvorrat, wesentlich von den physikalischen

[1]) E. Wolff: Die naturgesetzlichen Grundlagen des Ackerbaues nebst deren Bedeutung für die Praxis, S. 991. Derselbe: Die Erschöpfung des Bodens durch die Ernten.

[2]) Stöckhardt: Chem. Feldpredigten für Deutsche Landwirte, 1851. 4. Aufl. 1857.

[3]) Drechsler: Die Statik des Landbaues; Geschichte, Kritik und Reform der Lehre von der Herstellung des Gleichgewichtes zwischen Erschöpfung und Ersatz. Göttingen 1869.

[4]) Wollny: Forschungen a. d. Gebiete d. Agrikulturphysik. Bd. 20, 1897, S. 105.

Verhältnissen des Bodens sowie von sonstigen Wachstumsumständen, wie dem Vorhandensein von Wasser, Wärme, Licht usw. abhängt. In den letzten zwanzig Jahren sind eingehende Untersuchungen[1]) veröffentlicht worden, die zur Genüge beweisen, daß dank den großen Vorräten an unaufgeschlossenen Mineralstoffen und dank dem reichlichen Stickstoffersatz[2]) auch ohne Düngung nach Jahren und Jahrzehnten keine Bodenerschöpfung eintritt und die Ernten sich nur unbedeutend, bis zu einer gewissen Grenze, verringern. Die vorliegende Untersuchung hat den Zweck, einen Beitrag in dieser Richtung zu liefern, indem die Veränderungen im Nährstoffgehalte des Ackerbodens nach zehnjährigem Anbau ohne Düngung untersucht werden sollen.

---

[1]) J. Kühn: Die Assimilation des freien Stickstoffs durch Bodenbakterien ohne Symbiose mit Leguminosen. Fühl. landw. Ztg. 1901, S. 2. — Krafft: Lehrbuch der Landwirtschaft, Bd. I, S. 170, 1910. — P. Wagner; Arb. d. D. L. G. Heft 98, 1904, S. 44 ff. — Rothamsteder Jahresberichte 1911. — A. D. Hall: The Book of the Rothamsted Experiments 1905. London, John Murray.

[2]) Caron: Landw. Vers. Stat. Bd. 45, 1895, S. 401, — Vibrans (Calvörde): Jahrb. d. D. L. G. Bd. 19, 1904, S. 45 ff. — P. Köster: ebenda S. 78 ff. — Hiltner-Störmer: Neuere Unters. üb. d. Wurzelknöllchen d. Leguminosen und deren Erreger. — Löhnis: Boden-Bakt. u. Boden-Fruchtbark. S. 21 ff. (Gebr. Borntträger, Berlin 1914.)

## 2. Plan und Zweck der Untersuchung.

Der zur Untersuchung verwendete Boden wurde nach Anleitung des Herrn Geheimen Hofrates Professor Dr. W. Kirchner dem Versuchsfelde des Landwirtschaftlichen Institutes der Universität Leipzig in Oberholz entnommen und zwar aus den ungedüngten Teilstücken des im Jahre 1896 eingerichteten Dauer-Düngungs-Versuches [1]), dessen Anlage ich hier in großen Zügen wiedergebe:

*Fläche jeden Teilstückes 5 Ar.*

| | | |
|---|---|---|
| | 20. | Ungedüngt |
| | 19. | CaO N $P_2O_5$ |
| | 18. | CaO N $K_2O$ $P_2O_5$ |
| | 17. | CaO N $K_2O$ $P_2O_5$ |
| | 16. | CaO N $K_2O$ |
| West. | 15. | Ungedüngt |
| | 14. | N |
| | 13. | CaO Stalldünger |
| | 12. | Stalldünger |
| | 11. | CaO |
| | 10. | Ungedüngt |

Ost.

Seiner Beschaffenheit nach gehört der dem Diluvium entstammende Boden in die Klasse der schweren Lehmböden [2]).

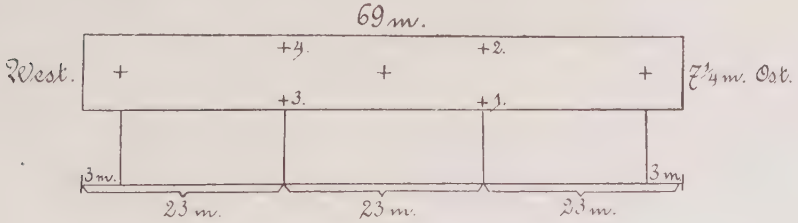
[1]) W. Kirchner: Mitt. d. Ldw. Inst. d. Univ. Leipzig, 4. Heft, 1904, S. 231.
[2]) W. Kirchner: a. a. O. S. 221.

Die kurz nach der Übernahme des Feldes durch das Landwirtschaftliche Institut der Universität Leipzig drainierten Teilstücke [1]) werden sämtlich alljährlich mit derselben Frucht bestellt, die jedoch in jedem Jahre wechselt; die Bearbeitung des Versuchsfeldes geschieht in der Weise, daß sofort nach der Ernte „geschält“ und, wenn im folgenden Jahre eine Sommerfrucht angebaut werden soll, noch im Herbst die Bodenbearbeitung bis zur Saatfurche durchgeführt wird.

Die von 1905 bis 1915 angebauten landwirtschaftlichen Kulturgewächse waren folgende:

1905 Bohnen
1906 Roggen
1907 Klee (ausgewintert)
1908 Wicken und Rüben
1909 Hafer
1910 Kartoffeln
1911 Weizen
1912 Roggen
1913 Kartoffeln
1914 Weizen
1915 Roggen.

Was die Nummern der einzelnen Teilstücke anlangt, so wollen wir die im Jahre 1905 üblich gewesenen beibehalten und es entspricht z. B. das jetzige Teilstück Nr. 1 dem damaligen Nr. 10, das Teilstück Nr. 6 dem damaligen Nr. 15 und das Teilstück Nr. 11 dem damaligen Nr. 20. Die Größe jedes Teilstückes beträgt 5 Ar. Zur genaueren Bezeichnung der Stelle, an welcher innerhalb einer Parzelle die Probenahme des Bodens erfolgt ist, möge nachstehende Skizze dienen:




[1]) Im Jahre 1893.

Die Länge eines jeden Teilstückes beträgt rund 69 und die Breite $7^1/_2$ Meter. Im Herbste des Jahres 1905 wurden, nach den mir von Herrn Geheimen Hofrat Professor Dr. W. Kirchner gemachten Mitteilungen, gleich nach der Ernte an der Ost- und Westseite des Teilstückes etwa 3 Meter vom Rande entfernt (durch + sind die Stellen der Probenahme auf der Skizze gekennzeichnet) je 8 bis 10 kg Boden der Ackerkrume mit dem Spaten entnommen, auf den Wirtschaftshof gebracht, gut gemischt und davon je eine kleinere Durchschnittsprobe (rund 2 kg) im Laboratorium des Landwirtschaftlichen Institutes der Universität Leipzig getrocknet und in gesonderten Flaschen mit eingeschliffenem Glasstopfen aufbewahrt.

Im Jahre 1915 wurden in genau derselben Weise, ebenfalls gleich nach der Ernte an denselben Stellen und außerdem noch in der Mitte eines jeden ungedüngten Teilstückes Proben entnommen und in derselben Art wie 1905 für die weitere Untersuchung vorbereitet.

Da der Stickstoffgehalt der einzelnen Proben desselben Jahres von demselben Teilstück, wie sich bei meinen Untersuchungen herausstellte und wie es bei der großen Beweglichkeit dieses Pflanzennährstoffes wohl kaum anders zu erwarten war, beträchtlich schwankte, ja diese Unterschiede sogar größer waren als die Differenz im Gehalte zwischen den Proben der Jahre 1905 und 1915, sind zwecks genauerer Untersuchung, was später näher dargelegt werden soll, Anfang Dezember an den mit 1, 2, 3, 4 bezeichneten Stellen noch weitere Proben entnommen worden. Der Abstand der Stellen 1 und 3 (und ebenso 2 und 4) von einander beträgt, wie ihr Abstand von der schmalen Seite des Teilstückes, 23 Meter; die Entfernung derselben Stellen von der breiten Seite des Teilstückes ist 1—1,5 Meter.

Alle Proben wurden vier Tage lang, bis zur völligen Lufttrockenheit, im Laboratorium ausgebreitet liegen gelassen; darauf wurde jede Probe durch ein 2 mm Sieb gegeben, wobei etwaige zusammenhaftende Bodenteilchen sorgfältig mit den Fingern aber nicht mit dem Pistill zerdrückt wurden. Der so erhaltene Feinboden wurde gut gemischt und ein entsprechender Teil davon für die einzelnen Bestimmungen in der unter den analytischen Untersuchungsverfahren angeführten Weise ver-

wendet.[1]) Bei allen Analysen wurden mindestens zwei Parallelbestimmungen ausgeführt. Die Ergebnisse der einzelnen nebeneinander ausgeführten Untersuchungen ergaben durchweg eine gute Übereinstimmung.

Was den Zweck der Untersuchung anbelangt, so läuft derselbe, wie schon angedeutet, darauf hinaus, die Veränderung im Nährstoffgehalte des vorliegenden Ackerbodens bei fortgesetztem Anbau verschiedener Früchte, aber fehlender Düngung nach einem Zeitraume von 10 Jahren festzustellen, wobei es im wesentlichen auf die Beantwortung der folgenden Fragen ankommen soll:

1. Welche Veränderungen erfährt bei fehlender Düngung der Gehalt des Bodens:
   a) an Stickstoff?
   b) an Kali und Phosphorsäure?
   c) an Humus?
2. Stehen der Stickstoff- und der Humusgehalt des Bodens in einem gewissen Verhältnis zu einander?
3. Findet bei dem hier befolgten Fruchtwechsel eine wesentliche Abnahme der Erträge statt?
4. Steht das Verhalten der Erträge in unmittelbarer Beziehung zu der Verminderung, die der Boden an Pflanzennährstoffen erfahren hat?

[1]) Das Nähere ist aus den Mitteilungen über die bei der Untersuchung angewendeten Verfahren zu ersehen (S. 55).

## 3a. Der Stickstoffgehalt des Bodens bei fortgesetzt fehlender Düngung.

Unter allen Pflanzennährstoffen hat man dem Stickstoff stets die größte Aufmerksamkeit zugewendet, nicht nur weil er der gesuchteste unter diesen ist und das Wachstum der landwirtschaftlichen Kulturgewächse in besonderem Maße anregt, sondern auch wegen seiner Eigenart, die z. B. in seiner großen Beweglichkeit im Ackerboden und in der Luft sowie in der Möglichkeit, unter geeigneten Umständen dem Boden aus der Luft zugeführt zu werden, begründet ist.

Bei dem steten Anbau von Feldfrüchten sollte man, wenn 10 Jahre lang keine Zufuhr stattgefunden hat, eine Abnahme des Stickstoffkapitals im Boden erwarten, ein Blick auf die Tabelle I beweist aber, daß der Stickstoffgehalt des Bodens durchgehend eine steigende Richtung zeigt.

Tabelle I.

**Stickstoff.**

*Angaben in Gew.-Proz. auf wasserfreien Feinboden berechnet.*

| Teilstück | Probe | 1905 | 1915 | Unterschied | Probe | 1915 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 10 | Ost | 0,0947 | 0,0970 | +0,0023 | 1. | 0,1119 |
| | Mitte | — | 0,0951 | | 2. | 0,1084 |
| | West | 0,0983 | 0,1085 | +0,0102 | 3. | 0,1212 |
| | | | | | 4. | 0,1209 |
| 15 | Ost | 0,0837 | 0,0993 | +0,0156 | 1. | 0,1049 |
| | Mitte | — | 0,0950 | — | 2. | 0,1047 |
| | West | 0,0880 | 0,1020 | +0,0140 | 3. | 0,0976 |
| | | | | | 4. | 0,0979 |
| 20 | Ost | 0,0947 | 0,0991 | +0,0044 | 1. | 0,1012 |
| | Mitte | — | 0,0950 | — | 2. | 0,1034 |
| | West | 0,0981 | 0,1020 | +0,0039 | 3. | 0,1047 |
| | | | | | 4. | 0,1044 |

Auf die Frage, inwieweit die Zahlen eine zuverlässige Grundlage für die Beurteilung der Menge des dem Boden durch Bindung mit Hilfe von frei lebenden Bakterien zugeführten Stickstoffs darstellen, wird später eingegangen werden.

Zweifellos sind dem Boden durch die Ernten keine geringen Beträge an Stickstoff entzogen worden. An der Hand eines Beispieles wollen wir uns annähernd darüber unterrichten, wie groß die dem Boden auf diesem Wege entzogene Stickstoffmenge ist. Nehmen wir dazu das Teilstück Nr. 15 und ermitteln in seiner Ernte von 1912 mit Hilfe der von Stutzer aufgestellten Tabellen den Stickstoffgehalt; ich greife das Jahr 1912 heraus, weil es sich im allgemeinen durch gleichmäßiges Wetter auszeichnete und weil der Roggen, als eine bei dem vorliegenden Versuche häufig wiederkehrende Frucht, eine geeignete Grundlage für den Vergleich bildet.

| Teilstück 15 | | Roggenernte 1912 pro ha in kg | |
|---|---|---|---|
| | | N % | N kg |
| Körner | 2100 | 1,8 | 37,8 |
| Stroh | 3440 | 0,6 | 20,64 |
| Spreu | 280 | 0,6 | 1,68 |
| | | Zusammen | 60,12 kg |

Stickstoff in der Ernte.

Durch die Weizenernte 1911, welche geringer ausfiel, wurden demselben Teilstück nur 41,76 kg Stickstoff entzogen. Immerhin sind das bei fehlender Düngung nicht geringe Werte und es drängt sich unwillkürlich die Frage auf, wodurch der Boden im Stande war, den Pflanzen soviel Stickstoff zur Verfügung zu stellen.

Als Ersatz für die durch die Ernten dem Boden entzogenen Stickstoffmengen kommen folgende vier Quellen in Betracht:

1. Die Niederschläge.
2. Die Bindung des Ammoniaks der Luft durch den Acker (Absorption), insbesondere durch den darin enthaltenen Humus und die Kolloide.
3. Die Fähigkeit niederer pflanzlicher Lebewesen,
   a) in Symbiose mit höheren Pflanzen,
   b) ohne Symbiose den aus der Luft aufgenommenen freien Stickstoff in organische Substanz überzuführen.

Was die Zufuhr von Stickstoff durch Niederschläge anlangt, so wurde deren Menge früher[1]) mit 12 kg und mehr auf 1 ha und 1 Jahr angenommen, während sie sich nach Rothamsteder Untersuchungen[2]) auf 6—7 kg beläuft. Ehrenberg[3]) bezweifelt die allgemeine Gültigkeit der in neuerer Zeit beobachteten Werte von 2,6—5,6 kg N pro ha und Jahr und weist darauf hin, daß in der Nähe von Industriestädten der N-Gehalt des Regenwassers viel bedeutender sein müsse; für die Stadt Leeds und deren unmittelbare Umgebung wurden 15,57 kg N in den Niederschlägen pro ha und Jahr ermittelt. Es ist ja auch einleuchtend, daß sich für jede Gegend eine besondere Zahl für die durch die Niederschläge dem Acker zugeführten N-Mengen ergeben wird. Ohne weiter auf die Einzelheiten dieser Frage einzugehen, ist es klar, daß im allergünstigsten Falle nur ein Viertel des Bedarfes an Stickstoff für das oben erwähnte Beispiel aus dieser Quelle gedeckt werden könnte.

Die Ansichten über die Absorption des Ammoniaks im Boden gehen ebenfalls weit auseinander. Schon die Zeitgenossen Liebigs[4]) und seine Nachfolger haben sich mit dieser Frage beschäftigt; Kellner[5]) hat die obere Grenze der Absorption in verschiedenen Böden untersucht, wobei er im Durchschnitt 11,78 kg absorbiertes Ammoniak pro Jahr und ha ermittelte; vorher hatte auch schon A. Müller unabhängig von Kellner durch Versuche mit Schwefelsäure 12 kg festgestellt. Im allgemeinen sind an der Absorption des Ammoniaks in der Hauptsache sowohl die kristalloiden und kolloiden Silikate[6]), als auch besonders die organischen Substanzen[7]) beteiligt. Jedenfalls ist die durch Absorption aufgenommene Ammoniakmenge meistens gering, so daß sie für die Stickstoffversorgung des Bodens nicht wesentlich in Betracht kommt.

---

[1]) Knop: Agrikulturchemie, Bd. II, S. 53 u. 75.

[2]) Bieler: Rothamsteder Versuche 1894, S. 9.

[3]) Ehrenberg: Zur Stickstoffsammlung bei dauerndem Roggenbau, Fühl. landw. Ztg. 1913, Heft 13, S. 449 ff.

[4]) Mayer: Agrikulturchemie II, 4. Aufl., S. 83 ff.

[5]) Landw. Jahrb. 1886, S. 708.

[6]) Landw. Versuchsstationen 1878, S. 135; 1879, S. 265; 1888, S. 69.

[7]) Schlösing: Compt. rend. 1886 p. 1002. — Berthelot; Compt. rend. 1890 p. 666. — Ammon: Forschungen auf dem Gebiete der Agrikulturphysik, Bd. V, S. 1.

Wie aus der von 1905—1915 innegehaltenen Fruchtfolge ersichtlich ist (Tabelle X im Anhang) wurden 1905 Bohnen, 1907 Klee, der allerdings auswinterte, und 1908 Vicia villosa angebaut. Durch Schultz-Lupitz[1]) angeregt, haben nun Hellriegel und Wilfarth[2]) bewiesen, daß die Leguminosen durch Symbiose mit niederen Organismen fähig sind, den freien Stickstoff der Luft sich anzueignen und in die organische Form überzuführen; Beijerinck[3]) hat dann als erster den Bazillus radicicola aus den Wurzelknöllchen isoliert. Obwohl es ausgeschlossen ist, daß der Anbau solcher stickstoffsammelnden Gewächse auf den Gehalt des Bodens an diesem Pflanzennährstoff im Jahre 1915 einen nennenswerten Einfluß gehabt hat, ist immerhin darauf hinzuweisen, daß die in den Jahren 1906, 1908 und 1909 angebauten Früchte sehr wohl von dem durch die Leguminosen aufgespeicherten Stickstoff zum großen Teil ihren Bedarf an diesem Pflanzennährstoff gedeckt haben können. Alle bis jetzt besprochenen drei Umstände können immerhin noch lange nicht diejenige Menge Stickstoff geliefert haben, deren Vorhandensein die Ernten voraussetzen lassen. Nehmen wir an, es seien dem Boden durch Niederschläge jährlich 5—6 kg, durch Ammoniakbindung 12 kg und durch den Anbau N-sammelnder Pflanzen (Bohnen 1905 und Wicken 1908) in diesen zwei Jahren 160 kg N zugeführt worden[4]), so wären das für zehn Jahre 340 kg und für ein Jahr etwa 34 kg. Wieviel Stickstoff die angebauten Früchte entzogen haben, läßt sich genau nicht feststellen; unter Zugrundelegung der in Lauchstädt ausgeführten Fruchtwechselversuche jedoch, bei denen dem Boden 67,9 kg[5]) N jährlich entzogen wurden, ergibt sich ein Fehlbetrag von rund 33 kg der, wenn auch vielleicht im vorliegenden Falle nicht ganz so groß,[6]) auf irgend eine andere Weise gedeckt sein muß. Selbst wenn man annimmt, die

[1]) Schultz-Lupitz: Die Kalidüngung auf leichten Böden.

[2]) Hellriegel u. Wilfarth: Ber. der Botan. Gesellschaft 1889, S. 141.

[3]) Beijerinck: Bot. Ztg. 1888, S. 798.

[4]) Schneidewind: Die Stickstoffquellen und die Stickstoffdüngung 1908, S. 12 f.

[5]) Schneidewind: Die Ernährung der landwirtschaftlichen Kulturpflanzen, S. 72, 1915.

[6]) Unter Zugrundelegung der Stutzer'schen Tabellen sind dem Boden durchschnittlich pro ha in 10 Jahren 414,1 kg N entzogen worden, was also pro Jahr 41,41 kg entspricht; hiernach ergibt sich ein jährlicher Fehlbetrag von rund 7,5 kg N.

genannte jährliche N-Menge von 34 kg hätte den angebauten Kulturgewächsen genügt, wogegen schon die verhältnismäßig sehr hohen Roggen- und Weizenerträge sprechen, so würde damit doch die im Boden festgestellte Zunahme an Stickstoff noch keineswegs erklärt sein.

Ich verweise daher auf die vierte Quelle — die Bindung des Stickstoffs durch niedere im Boden frei lebende Organismen, deren Bedeutung als erster Berthelot[1]) im Jahre 1885 erkannte. Beijerinck[2]) gelang es dann auch, die N-Assimilation bei einigen niederen frei lebenden Organismen nachzuweisen und Winogradski[3]) das Clostridium pasteurianum zu isolieren. Der von W. Krüger[4]) in Lauchstädt aufgefundene und von Beijerinck genau untersuchte Azotobakter chroococcum, dessen biologische Eigenschaften u. a. durch Stoklasa[5]) untersucht worden sind — kann als der wichtigste unter den bis jetzt bekannten N-sammelnden Bakterien gelten. Headden[6]) berichtet aus Colorado über die üppige Entwicklung und große Leistungsfähigkeit, zu der diese Art von Bakterien unter besonders günstigen Bedingungen fähig ist. Die Größe des von den frei lebenden Bakterien zu erwartenden Gewinnes läßt sich jedoch schwer feststellen, da er nicht nur von der Art und Zahl der vorhandenen Bakterien, sondern hauptsächlich von der Menge der ihnen zur Verfügung stehenden organischen Substanz sowie vom Wetter, von der Jahreszeit, der Art der Bearbeitung und Nutzung des Bodens abhängig ist. Im allgemeinen hat man diese Art des Stickstoffgewinnes pro ha und Jahr mit 10—40 kg bewertet; wieweit aber die Ansichten hierüber auseinander gehen, zeigen die Angaben einiger französischer Forscher. Berthelot[7]) berechnete den auf diese Weise zu erwartenden Zuwachs an Stickstoff auf 16—25 kg, Pagnoul[8]) auf 14,5, Schlösing und

[1]) Compt. rend. 1885 p. 175.

[2]) Beijerinck, Bot. Ztg. 1888, S. 798.

[3]) Winogradski, Compt. rend. 1893 p. 1385.

[4]) Landw. Jahrb. 1901, S. 633.

[5]) Zentralbl. f. Bakteriol., II. Abt. 1908.

[6]) P. Headden: Die Bindung von Luftstickstoff in einigen Böden Colorados. Mitget. durch Dr. Vogel-Bromberg; Mitteil. d. D. L. G. 1911, Stück 27, S. 382.

[7]) Compt. rend. 1885 p. 775—784.

[8]) Ann. Agron. 1890 p. 250, ref. Zentralbl. f. Agric. Chem. 1890, S. 517.

Laurent[1]) auf 40 kg und Beijerinck[2]) auf 25 kg. Für die landwirtschaftliche Praxis sind insbesondere die Versuche von Thaer[3]) und Wagner[4]) maßgebend; beide geben den Gewinn auf ca. 30 kg pro ha und Jahr an. Nach den Mitteilungen über die groß angelegten und langfristigen Versuche in Rothamsted[5]), Halle[6]) und Ellenbach[7]) wurden dem Boden 22,4, 29,24 resp. 27,5 kg Stickstoff pro ha und Jahr durch Bindung aus der Luft zugeführt.

Die eingehende Besprechung weiterer Forschungen auf diesem Gebiet würde zu weit führen; es lag lediglich in meiner Absicht, die vier angedeuteten Ersatzquellen für die Stickstoffzufuhr zu beleuchten.

Wir haben also gesehen, daß die Zufuhr des Stickstoffs durch Niederschläge und Absorption nicht genügt haben kann,[8]) — der Anbau von N-sammelnden Pflanzen fällt nicht stark ins Gewicht — um den Bedarf der angebauten Früchte an diesem Nährstoff zu decken. Wir müssen demnach mit einer Bindung von Stickstoff durch frei lebende Bakterien rechnen. Die Ansichten über diesen Punkt gehen jedoch noch auseinander. So erkennt Pfeiffer[9]) das Vorhandensein dieser Bakterien und ihre Fähigkeit Stickstoff zu binden zwar an, verweist aber hauptsächlich auf das N-Kapital im Boden, welches seiner Ansicht nach eine langsam fließende Quelle bildet, die unter günstigen Verhältnissen erst nach langen Jahren erschöpft werden kann. Auf einem stickstoffreichen Boden kann ein Sinken der Ernten auch ohne N-Düngung in einem von Jahr zu Jahr kaum merkbaren Grade

---

[1]) Compt. rend. 1891 p. 777. — Desgl. Ann. de l'Inst. Pasteur. 1892 p. 834.

[2]) Arch. néerland (2), Progr. pour l'année 1904 p. XXII.

[3]) Landw. Versuchs. Stat. 1879, S. 376—383. — Desgl. Journal f. Landwirtschaft 1884, S. 567.

[4]) Arbeiten der D. L. G. Heft 129, 1907, S. 278—286.

[5]) Hall: The Book of Rothamsted Experiments 1905. p. 36 ff.

[6]) J. Kühn: Ber. d. landw. Inst. Halle 15, 1901, S. 172—186.

[7]) Caron: Amtsblatt der landw. Kamm. Kassel 1901, S. 97. (Ref. Jahresber. der Gärungsorganismen Bd. 13, S. 491).

[8]) Kühn: Die Assimilation des freien N durch Bodenbakt. ohne Symbiose mit Leguminosen. Fühl. Landw. Ztg. 1901, S. 2.

[9]) Pfeiffer: Stickstoffsammelnde Bakterien, Brache und Raubbau. 2. Aufl., 1912.

stattfinden. Löhnis[1]) hat diesen Standpunkt Pfeiffers scharf angegriffen, wobei besonders die in Rothamsted angestellten Versuche, die ich später noch bei der näheren Besprechung der Ernteerträge erwähnen will, eine ganz verschiedene Art der Auslegung erfuhren. Es sei erwähnt, daß Pfeiffer[2]) nunmehr auf Grund von Versuchen, die er mit Guttmann und Thiel angestellt hat, auch zu der Ansicht kommt, es sei ganz selbstverständlich, „daß wir uns nunmehr unumwunden denjenigen Forschern anschließen, die die Möglichkeit einer außergewöhnlichen energischen N-Bindung im Boden experimentell nachgewiesen haben".

Wir haben demnach in der von mir angeführten Tabelle Nr. I allenthalben, trotz des Entzuges durch die Ernten, eine Zunahme an Stickstoff im Boden zu verzeichnen. Wie groß nun in Wirklichkeit diese Zunahme ist, läßt sich kaum feststellen. Vergegenwärtigen wir uns noch einmal die Zahlen der Tabelle Nr. I des Teilstückes Nr. 10, so beträgt der Unterschied zwischen 1915, Osten, und 1915, Westen, 0,0115 %, also bei weitem mehr als die Zunahme von 0,0102 % Stickstoff, welche bei den Westproben des genannten Teilstückes nach Ablauf von 10 Jahren berechnet worden ist. Zwischen 1915, Mitte, und 1915, Westen, ist der Unterschied noch beträchtlicher, nämlich 0,0134 %, was die festgestellte Zunahme von 0,0102 % N noch bedeutender übersteigt.

Im Teilstück Nr. 15 ist allerdings der größte Unterschied zwischen $1915^1$ und $1915^3$ — 0,0073 % und der ermittelte Stickstoffgewinn dieses Teilstückes — 0,0156 %, also rund doppelt so groß; dagegen übertrifft im Teilstück Nr. 20 der Unterschied zwischen 1915 Mitte und 1915 West den angegebenen Stickstoffgewinn von 0,0044 % recht bedeutend.

Wir sehen demnach im allgemeinen eine große Ungleichmäßigkeit in der Verteilung des Stickstoffs im Boden, worauf ich schon früher hingewiesen habe. Die einzelnen Befunde innerhalb eines jeden Teilstücks weichen so bedeutend von einander ab,

[1]) Löhnis: Zur Frage der Stickstoffbindung im Ackerboden. Mitteil. der landw. Inst. d. Univ. Breslau. Bd. 4, S. 39.

[2]) Pfeiffer, Guttmann, Thiel: Der Stickstoffhaushalt des Ackerbodens. Mitteil. der Landw. Institute der Univ. Breslau, Bd. V, 1909. Heft IV, S. 702.

daß sich kein genauer Schluß auf das Maß der Entnahme und der Zufuhr von Stickstoff während des Zeitraumes von 10 Jahren ziehen läßt.

Die Größe des Stickstoffgehaltes und des Unterschiedes in absoluten Zahlen, für 1 ha und 25 cm Tiefe berechnet, veranschaulichen die Zahlen der folgenden Tabelle, Nr. II.

Tabelle II.

**Stickstoff.**

*Angaben in kg für 1 ha und 25 cm Tiefe, auf wasserfreien Feinboden berechnet.*[1])

| Teilstück | Probe | 1905 | 1915 | Unterschied | Probe | 1915 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 10 | Ost | 3551,25 | 3637,50 | + 86,25 | 1. | 4196,25 |
| | Mitte | — | 3566,25 | — | 2. | 4065,00 |
| | West | 3686,25 | 4068,75 | +382,50 | 3. | 4545,00 |
| | | | | | 4. | 4533,75 |
| 15 | Ost | 3138,75 | 3723,75 | +585,00 | 1. | 3933,75 |
| | Mitte | — | 3562,50 | — | 2. | 3926,25 |
| | West | 3300,00 | 3825,00 | +525,00 | 3. | 3660,00 |
| | | | | | 4. | 3671,25 |
| 20 | Ost | 3551,25 | 3716,25 | +165,00 | 1. | 3795,00 |
| | Mitte | — | 3562,50 | — | 2. | 3877,50 |
| | West | 3678,75 | 3825,00 | +146,25 | 3. | 3926,25 |
| | | | | | 4. | 3915,00 |

Die Schwankungen sind auch hier so bedeutend, daß sie um so mehr dazu beitragen dürften, das schon entworfene Bild noch klarer hervortreten zu lassen. Um zu zeigen, wie beträchtlich

[1]) Berechnung des Gehaltes an Pflanzennährstoffen in kg für 1 ha und 25 cm Tiefe:

1 cbm Boden wiegt 1500 kg,

1 ha = 10000 qm; auf 25 cm Tiefe sind das 2500 cbm Boden, 2500 cbm wiegen 1500 · 2500 = 3750000 kg.

Boden Nr. 10, 1905 Ost enthält (Tab. I) 0,0947 % N und 1 ha auf 25 cm Tiefe daher $\frac{3750000 \cdot 0{,}0947}{100} = 3551{,}25$ kg.

die Differenz innerhalb eines Teilstückes bei gleichzeitig genommenen Proben in absoluten Zahlen ist, habe ich die größten Unterschiede jedes Jahres übersichtlich zusammengestellt:

Stickstoff kg

| Teilstück | 1905 | 1915 I | 1915 II |
|---|---|---|---|
| 10 | 135,00 | 502,50 | 480,00 |
| 15 | 161,25 | 262,50 | 273,75 |
| 20 | 127,50 | 262,50 | 131,25. |

Der mögliche Stickstoffgewinn nach zehn Jahren im Teilstück Nr. 10 beträgt pro ha und 25 cm Tiefe bei den im Westen genommenen Proben 382,50 kg, dagegen beläuft sich die größte Schwankung innerhalb dieses Teilstückes, welche in den ersten Proben von 1915 zum Ausdruck kommt, auf 502,50 kg. Ebenso steht im Teilstück Nr. 20 der Stickstoffzunahme von 165 kg ein Unterschied von 262,50 kg zwischen den ersten Proben des Jahres 1915 entgegen. Daß sich das Teilstück Nr. 15 im Gegensatz zu den beiden genannten anders verhält, haben wir schon vorhin gesehen; es beträgt hier die berechnete Zunahme 585 kg, während die größte Differenz nur 273,75 kg ausmacht.

Die später entnommenen Proben von 1915 (Tabelle I und II, 1, 2, 3, 4), die durchgehend einen höheren Stickstoffgehalt im Vergleich zu den im August genommenen aufweisen, können mit den letzteren nicht ohne weiteres verglichen werden, weswegen ich sie auch stets gesondert angeführt habe. Untereinander weisen sie natürlich auch wieder große Schwankungen auf. Ihren durchweg höheren Stickstoffgehalt gegenüber den im August desselben Jahres entnommenen Proben möchte ich aus folgenden vier Umständen erklären:

1. hat in der Zeit vom August bis zum Dezember 1915 kein Entzug von Stickstoff durch die Pflanzen stattgefunden;
2. hat der Boden im Dezember viel Wasser enthalten, wodurch offenbar auch sein Stickstoffgehalt gesteigert wurde;
3. haben die stickstoffsammelnden Bakterien die in den Ernterückständen gebotenen Kohlenstoffquellen zur intensiveren Stickstoffbindung ausnutzen können;
4. hat durch das sofortige „Schälen“, sowie durch die Bodenbearbeitung überhaupt, eine stärkere Stickstoff-

bindung, insbesondere was die Ammoniakabsorption aus der Luft anbelangt, stattgefunden.

Pfeiffer hat wiederholt auf die großen Schwankungen im Stickstoffgehalt hingewiesen, die bei Proben desselben Bodens zu beobachten sind; er hat auch auf die Schwierigkeiten bei der Stickstoffbestimmung im allgemeinen aufmerksam gemacht [1]). Desgleichen hat Mitscherlich in dieser Richtung interessante Untersuchungen angestellt [2]). Von einem an sich gleichartigen Boden wurden stets 1 Meter von einander entfernt zur selben Zeit Erdproben entnommen. Die von Mitscherlich gefundenen Zahlen für den prozentischen Gehalt der einzelnen Proben an Stickstoff waren der Reihe nach folgende:

| | | |
|---|---|---|
| 1. 0,205 %; | 2. 0,152 %; | 3. 0,198 %; |
| 4. 0,198 %; | 5. 0,199 %; | 6. 0,205 %; |
| 7. 0,126 %; | 8. 0,150 %; | 9. 0,228 %; |
| | 10. 0,224 %. | |

Probe Nr. 7 und Nr. 9 zeigen einen Unterschied von 0,102 %, was einer Stickstoffmenge von 3825 kg pro ha und auf 25 cm Tiefe gleichkommt. Ähnliche Ergebnisse hat auch Thiele [3]) gefunden. Ich verweise außerdem auf die entsprechenden Untersuchungen von Bloch und Hoffmann [4]). Wollte man genauere Durchschnittsergebnisse erhalten, so wäre es erforderlich, erstens die ganze obere Schicht eines Ackers, etwa 25 cm tief, gründlich zu mischen und zweitens zur Stickstoffbestimmung stets eine größere Menge Boden, etwa 50—100 g, zu verwenden. Die von mir gefundenen Zahlen lassen zwar eine angedeutete Zunahme an Stickstoff im Boden sehr wohl erkennen, geben aber kein klares Bild von der Größe des Stickstoffgewinnes.

---

[1]) Th. Pfeiffer: Der Stickstoffhaushalt des Ackerbodens, Mitteil. d. landw. Institute d. Univ. Breslau, Bd. IV, S. 715, 718 und 726 ff.

[2]) Landw. Jahrbücher 1910, S. 358.

[3]) R. Thiele: Mitteil. d. landw. Inst. d. Univ. Breslau, Bd. III, Heft 2, S. 157.

[4]) C. Bloch und M. Hoffmann: Beiträge zum Werte der heutigen Bodenanalyse. Mitteil. d. landw. Inst. d. Univ. Breslau Bd. IV, S. 304.

## 3b. Der Gehalt des Bodens an mineralischen Pflanzennährstoffen bei fortgesetztem Anbau ohne Düngung.

Wie von den organischen Pflanzennährstoffen der Stickstoff, so gehören von den anorganischen das Kali und die Phosphorsäure für die landwirtschaftlichen Kulturgewächse zu den wichtigsten Wachstumserfordernissen. Das Kali ist durchschnittlich in größeren Mengen im Boden vorhanden als die Phosphorsäure [1]), was durch die von mir ermittelten Zahlen auch für den Acker in Oberholz bestätigt wird. Die analytischen Befunde stellen bei den mineralischen Pflanzennährstoffen nicht die Gesamtmenge an Kali und Phosphorsäure dar, sondern nur den in Salzsäure (sp. Gew. 1,126) löslichen Anteil. [2])

Tabelle III.

**Kali.**

*Angaben in Gew.-Proz. auf wasserfreien Feinboden berechnet.*

| Teilstück | Probe | 1905 | 1915 | Unterschied |
|---|---|---|---|---|
| 10 | Ost | 0,054 | 0,044 | —0,010 |
| | Mitte | — | 0,055 | — |
| | West | 0,067 | 0,052 | —0,015 |
| 15 | Ost | 0,044 | 0,036 | —0,008 |
| | Mitte | — | 0,039 | — |
| | West | 0,044 | 0,036 | —0,008 |
| 20 | Ost | 0,048 | 0,041 | —0,007 |
| | Mitte | — | 0,041 | — |
| | West | 0,044 | 0,036 | —0,008 |

[1]) A. Mayer: Lehrb. der Agrikulturchemie, Bd. II, 2. Abtl. Die Düngerlehre S. 11.

[2]) Herstellung des salzsauren Bodenauszuges S. 56.

Tabelle IV.

**Phosphorsäure.**

*Angaben in Gew.-Proz. auf wasserfreien Feinboden berechnet.*

| Teilstück | Probe | 1905 | 1915 | Unterschied |
|---|---|---|---|---|
| 10 | Ost | 0,055 | 0,029 | —0,026 |
| | Mitte | — | 0,027 | — |
| | West | 0,055 | 0,028 | —0,027 |
| 15 | Ost | 0,034 | 0,027 | —0,007 |
| | Mitte | — | 0,030 | — |
| | West | 0,040 | 0,030 | —0,010 |
| 20 | Ost | 0,039 | 0,029 | —0,010 |
| | Mitte | — | 0,028 | — |
| | West | 0,037 | 0,031 | —0,006 |

Wir sehen z. B. Tabelle III in dem Teilstück Nr. 15 vom Jahre 1905 — 0,044 % Kali, während der Phosphorsäuregehalt (Tabelle IV) in einem Falle nur 0,034 % beträgt und im andern 0,040 % nicht übersteigt. Bei Teilstück Nr. 10 Ost (1905) ist der Unterschied im prozentischen Gehalt der beiden Pflanzennährstoffe allerdings nur gering, hingegen steht im Teilstück Nr. 20 (1905) einem Kaligehalt von 0,048 % resp. 0,044 % ein Phosphorsäuregehalt von nur 0,039 resp. 0,037 % entgegen.

Bei den von Maercker[1]) in den Oldenburger Marschböden gefundenen Zahlen tritt das noch deutlicher zutage; der Kaligehalt dieser Böden übertrifft den Gehalt an Phosphorsäure um das Doppelte und mehr.

Die Kalivorräte, die sich im Boden finden, können in vielen Fällen sehr beträchtlich sein. Berthelot[2]) und Schlösing[3])

[1]) Maercker: Arbeiten der D.L.G. Heft 17 S. 35.
[2]) Compt. rend. 1887, Bd. LV p. 833
[3]) Compt. rend. 1900, Bd. LXXX p. 422.

haben in dieser Richtung umfassende Untersuchungen angestellt und gezeigt, daß drei bis vier Millionen kg Boden, d. h. etwa der Inhalt eines Hektars auf 25 cm Tiefe, über 3000 kg Kali bei 0,08 % enthalten können, wobei jedoch nur 1—5 kg dieser Menge in leicht löslichem Zustande vorhanden sind. Der Kaligehalt der vorliegenden ungedüngten Teilstücke betrug im Jahre 1905, wie aus folgender Tabelle V ersichtlich ist, auf 1 ha und 25 cm Tiefe 1650 bis 2512,5 kg.

Tabelle V.

**Kali.**

*Angaben in kg für 1 ha und 25 cm Tiefe, auf wasserfreien Feinboden berechnet.*

| Teilstück | Probe | 1905 | 1915 | Unterschied |
|---|---|---|---|---|
| 10 | Ost | 2025,0 | 1650,0 | — 375,0 |
| | Mitte | — | 2062,5 | — |
| | West | 2512,5 | 1950,0 | — 562,5 |
| 15 | Ost | 1650,0 | 1350,0 | — 300,0 |
| | Mitte | — | 1462,5 | — |
| | West | 1650,0 | 1350,0 | — 300,0 |
| 20 | Ost | 1800,0 | 1537,5 | — 262,5 |
| | Mitte | — | 1537,5 | — |
| | West | 1650,0 | 1350,0 | — 300,0 |

Wenn auch die Ergebnisse innerhalb eines Teilstückes desselben Jahres in den meisten Fällen nicht ganz übereinstimmen, Teilstück Nr. 15 hat allerdings ganz gleiche Resultate geliefert, so kann doch von einer Ungleichmäßigkeit in dem Gehalte an Kali, wie sie bei den Stickstoffbestimmungen zutage trat, gar keine Rede sein. Das liegt in der geringen Beweglichkeit und regelmäßigeren Verteilung des Kalis im Boden begründet. In welchem Maße nun das vorhandene Kali auch in einer den Pflanzen zu-

gänglichen Form zur Verfügung steht, soll hier nicht untersucht werden. Wir wollen vielmehr untersuchen, wie sich der Kaligehalt des Bodens im Laufe von 10 Jahren verändert hat. Wir bemerken durchgehend eine mehr oder weniger bedeutende Abnahme. Der geringste Verlust tritt im Teilstück Nr. 20 Ost mit 0,007 % (Tab. III) und 262,5 kg (Tab. V) pro ha auf, während die größte Einbuße im Teilstück Nr. 10 West mit 0,015 % (Tab. III) und 562,5 kg (Tab. V) pro ha vorliegt. Im allgemeinen beläuft sich die Abnahme auf 0,008 % oder 300 kg pro ha. Ich will gleich bemerken, daß der Verlust an Kali meinem Befunde nach in der Mehrzahl der Fälle geringer ist als der an Phosphorsäure; das ist besonders im Teilstück Nr. 10 der Fall, wo der Unterschied an Phosphorsäure (Tab. IV) 0,026 bis 0,027 % beträgt, während der des Kalis (Tab. III) nur 0,015 % und 0,010 % ausmacht. Meine Resultate stehen im Gegensatz zu den von Maercker[1]) erhaltenen Befunden, welcher feststellte, daß der Kaligehalt der Oldenburger Marschen trotz Raubbau nach 200 Jahren noch so gut wie unverändert war. Maercker erklärt diese Erscheinung dadurch, daß „kalireiche Mineralien im Laufe der Zeit der Verwitterung anheim fielen und den in Salzsäure löslichen Anteil des Kalis in der ursprünglichen Höhe erhielten". Die von van Bemmelen[2]) veröffentlichten Untersuchungen mit niederländischen Böden, in denen der Kaliverbrauch nach 314-jähriger Kultur festgestellt wird, lassen allerdings eine deutliche Abnahme an Kali erkennen.

Worauf mag es nun beruhen, daß man in dieser Richtung ganz verschiedene Resultate gefunden hat? Ich möchte da auf die Verschiedenheit der untersuchten Bodenarten verweisen. Als Lieferer für das Kali kommen ja hauptsächlich der Kalifeldspat und der Kaliglimmer in Betracht[3]). Von ihrer im Boden vorhandenen Menge und von ihrer Verwitterbarkeit wird bei Raubbau der Gehalt eines Bodens an verfügbarem Kali in erster Linie abhängig sein. Wenn Maercker also bei der Untersuchung salzsaurer Bodenauszüge keine Abnahme an Kali fand, so erklärt sich das aus der fortschreitenden Verwitterung kalihaltiger Ge-

[1]) Arbeiten der D. L. G., Heft 17, S. 35.

[2]) van Bemmelen: Landw. Versuchsstation, Bd. VIII, 1866, S. 255.

[3]) E. Blanck: Die Bedeutung des Kalis in den Feldspaten für die Pflanzen. Journal f. Landw., Bd. 61, 1913, S. 1.

steine; obwohl also der absolute Gehalt eines Bodens an Kali vermindert wird, bleibt der in Salzsäure lösliche Anteil doch derselbe. Ein Lehmboden, wie der des Versuchsfeldes Oberholz des Landwirtschaftlichen Institutes der Universität Leipzig, hat offenbar keine so großen Vorräte an den genannten Mineralien, als die von Maercker untersuchten Marschböden, weswegen eine stete Abnahme von rund 30 kg pro ha und Jahr stattgefunden hat und wohl auch weiter stattfinden wird. In Wirklichkeit ist der Verbrauch an Kali durch die angebauten Früchte noch viel bedeutender gewesen; nach einer mit Hilfe der Stutzerschen Tabellen ausgeführten Berechnung wurden durchschnittlich pro ha 684,7 kg Kali in zehn Jahren entzogen, das sind also in einem Jahr 68,47 kg. Der Unterschied zwischen den durch Analyse ermittelten und den tatsächlich durch die Kulturgewächse entnommenen Mengen erklärt sich daraus, daß die Wurzeln der Pflanzen das Kali auch aus tieferen Bodenschichten als 25 cm aufnehmen und das Kali durch Verwitterung ergänzt wird, was bei der Untersuchung des in Salzsäure löslichen Anteiles nicht zum Ausdruck kommt. Wann und ob eine völlige Erschöpfung an Kali eintreten wird, läßt sich rechnerisch nicht voraus bestimmen; da, wie schon erwähnt, nicht die tatsächlich vorhandenen Mengen von Kali ermittelt wurden, sondern nur der in Salzsäure (spez. Gew. 1,126) lösliche Anteil. Eine völlige Erschöpfung des Bodens an Kali ist schon deswegen nicht denkbar, weil bereits viel früher ein Zeitpunkt eintreten müßte, wo aus allzu großem Kalimangel jedes Pflanzenwachstum aufhören würde.

Noch auf einen wichtigen Umstand beim Abbau des Kalikapitals im Boden ist hinzuweisen, der gerade im gegebenen Falle bei fehlender Düngung eine besonders wichtige Rolle spielen dürfte. Es sind das die niederen Lebewesen, insbesondere die stickstoffsammelnden Bakterien. Dadurch schon, das sie Stickstoff binden und diesen den Pflanzen zur Verfügung stellen, befördern sie das Wachstum der Pflanzen und bewirken mittelbar eine intensivere Kaliaufnahme durch die Pflanzen. Infolge der reichlicheren Zufuhr von Stickstoff wird nämlich in erster Linie der ganze pflanzliche Organismus gekräftigt; insbesondere werden dabei die Wurzeln in erhöhtem Maße befähigt die mineralischen Pflanzennährstoffe für die Ernährung der landwirtschaftlichen Kulturgewächse nutzbar zu machen. Viel wichtiger ist aber der Umstand, daß diese Bakterien zu ihrem eigenen Aufbau große

Mengen von Mineralstoffen gebrauchen[1]); so wenig dieses auch im Einzelfalle sein mag, zerstören diese kleinen Lebwesen doch langsam aber sicher die Gesteine[2]) und liefern bei ihrem Zerfall die von ihnen aufgenommenen Stoffe für die höheren Pflanzen in leichter aufnehmbarer Form[3]). Als dritter Umstand kommt noch die von den Bakterien erzeugte Kohlensäure in Betracht, die eine nicht unbedeutende Aufschließung der kali- und phosphorsäurehaltigen Mineralien bewirkt.[4]) Auch andere von Bakterien ausgeschiedene Säuren und Enzyme scheinen hier eine Rolle zu spielen[5]). Die von Wagner[6]) letzthin festgestellte Eigenschaft des Chilesalpeters, der den Boden zur Ausübung seiner Kraft anregen und dadurch gewissermaßen als Peitsche wirken soll, gilt in gewisser Hinsicht auch für die Wirkung der Bakterien; das Bodenkali und die Bodenphosphorsäure werden auch durch die Bakterien zu voller Ausnutzung gebracht, wobei andererseits jedoch die Verarbeitung vermehrter Mengen von Bodenkali und Bodenphosphorsäure durch die Pflanzen das Bodenkapital entsprechend stärker vermindert.

Was nun die Phosphorsäure anlangt, so ist nach 10 Jahren ohne Düngung der Gehalt des Bodens daran nicht unwesentlich zurückgegangen. Es wurde schon erwähnt, daß die Abnahme des Gehaltes des Bodens an Phosphorsäure größer ist als beim Kali. Daraus geht hervor, daß für den vorliegenden Fall, wo es sich um schweren Boden handelt, der Ersatz an Phosphorsäure bei Raubbau früher nötig sein wird als an Kali, worauf auch von Rümker[7]) schon hingewiesen hat.

[1]) Vogel: Unters. über das Kalibed. von Azotobakter. Zentralbl. f. Bakt. II. Abtl. 1912, Bd. 32, S. 411.

[2]) Bassalik, Zeitschr. f. Gärungsphysiologie Bd. II 1912, S. 14 bis 32 und Bd. III 1913, S. 15 bis 42.

[3]) G. Wimmer: Nach welchen Gesetzen erfolgt die Kaliaufnahme der Pflanzen aus dem Boden? Mitteil. d. D. L. G. 1908 S. 254. Desgl. Arbeiten der D. L. G. Heft 34 und 68.

[4]) Stoklasa: Beitrag zur Kenntnis der Stickstoffanreicherung des Bodens durch Bakterien und ihre Bedeutung für die Pflanzenernährung. Deutsche landw. Presse 1908. Bd. XXXV, 1 S. 274, 286 und 297.

[5]) S. de Grazia: Über den Einfluß von Mikroorganismen bei der Ausnutzung der unlöslichen Phosphate durch die höheren Pflanzen. Staz. sperim. agrar. ital. 1910, Bd. 43, S. 179.

[6]) Wagner: Die Wirkung von Stallmist und Handelsdüngern. Arb. d. D.L. G. 1915, Heft 279, S. 538.

[7]) von Rümker: Tagesfragen aus dem modernen Ackerbau, 2. Heft. Grundfragen der Düngung 4. Aufl. 1912 S. 35.

In absoluten Zahlen auf 1 ha und 25 cm Tiefe berechnet, ergeben die ermittelten Befunde für die Phosphorsäure folgendes Bild:

Tabelle VI.

**Phosphorsäure.**

*Angaben in kg für 1 ha und 25 cm Tiefe, auf wasserfreien Feinboden berechnet.*

| Teilstück | Probe | 1905 | 1915 | Unterschied |
|---|---|---|---|---|
| 10 | Ost | 2062,5 | 1087,5 | — 975,0 |
| | Mitte | — | 1012,5 | — |
| | West | 2062,5 | 1050,0 | —1012,5 |
| 15 | Ost | 1275,0 | 1012,5 | — 262,5 |
| | Mitte | — | 1125,0 | — |
| | West | 1500,0 | 1125,0 | — 375,0 |
| 20 | Ost | 1462,5 | 1087,5 | — 375,0 |
| | Mitte | — | 1050,0 | — |
| | West | 1387,5 | 1162,5 | — 225,0 |

Die geringste Abnahme finden wir im Teilstück Nr. 20 (Westen), sie beträgt nach Ablauf von 10 Jahren 225 kg Phosphorsäure. In der Mehrzahl der Fälle scheint sich der Verlust an diesem Pflanzennährstoff auf 375 kg und mehr zu beziffern. Die größte Einbusse ist im Teilstück Nr. 10 (Westen) zu verzeichnen, sie beträgt 1012,5 kg in 10 Jahren, was einer Abnahme von über 100 kg in einem Jahr gleichkommt. Wieder sehen wir, wie es auch beim Kali der Fall war, daß die Phosphorsäure bei weitem gleichmäßiger im Boden verteilt ist, als der Stickstoff, denn die Befunde desselben Jahres innerhalb eines Teilstückes zeigen keine großen Unterschiede; so haben die Proben des Teilstückes Nr. 10 Ost und West im Jahre 1905 einen ganz gleichen Gehalt

an Phosphorsäure und die an derselben Stelle im Jahre 1915 genommenen Proben zeigen in absoluten Zahlen nur einen Unterschied von 37,5 kg. Während der größte Unterschied im N-Gehalt innerhalb eines Teilstückes 502,5 kg (Tab. II, Teilstück Nr. 10, 1915 Mitte und West) betrug, beläuft sich der größte Unterschied im Phosphorsäuregehalt innerhalb eines Teilstückes nur auf 225,0 kg (Tab. VI, Teilstück Nr. 15, 1905 Ost und West).

Durch die Ernten wurden dem Boden durchschnittlich (nach den Stutzerschen Tabellen) pro ha in 10 Jahren 319,7 kg Phosphorsäure entzogen. Diese Zahl stimmt mit den im Teilstück Nr. 15 und 20 auf analytischem Wege gefundenen Mengen annähernd überein; im Teilstück Nr. 10 müssen jedoch beträchtliche Mengen an Phosphorsäure fortgeführt worden sein, ohne den Pflanzen zu Nutze zu kommen. Trotz der Verschiedenartigkeit der Verbindungen, in denen die Phosphorsäure im Boden vorkommt, hat es den Anschein, als ob die Bestimmung derselben im salzsauren Bodenauszug genaueren Aufschluß über ihr tatsächliches Vorhandensein gibt, als das beim Kali der Fall war.

Das Kali kommt im Boden vornehmlich in Form eines wasserhaltigen Silikates oder als Humat vor, auch das Verwitterungserzeugnis der Feldspate und Glimmer, Kaliumkarbonat ($K_2 CO_3$) und das Verwitterungserzeugnis des Tonschiefers, Kaliumsulphat ($K_2 SO_4$), welches auch durch Einwirkung von Gips auf wasserhaltige Silikate entstehen kann, bilden eine oft auftretende Form dieses Pflanzennährstoffes. Anders und viel verwickelter liegen die Verhältnisse bei der Phosphorsäure, besonders was die Verbindungen der Phosphorsäure mit Humussubstanzen anbelangt. Über die verschiedenen Formen der Phosphorsäure im Boden hat Emmerling[1]) eingehende Untersuchungen ausgeführt. Er nennt vier Hauptformen, in welchen die Phosphorsäure im Boden vorkommt:

1. die Apatitform,
2. die absorbierten Formen (einschließlich aller leichtlöslichen Phosphate),
3. gewisse schwerlösliche Phosphate,

[1]) Emmerling in Kiel: Über die verschiedenen Formen der Ph.-S. im Boden und deren Bestimmung. Landw. Vers.-Stat. 1899, Bd. 52, S. 60 ff.

4. Phosphorsäure (und Phosphor) in organischer Verbindung, namentlich als Bestandteil von Humuskörpern.

Es würde zu weit führen, jeden der soeben angeführten Punkte einzeln zu besprechen; es lag mir lediglich daran, eine kurze Übersicht der Hauptformen der Bodenphosphorsäure zu bringen, um nochmal darauf hinzuweisen, wie verwickelt auch die Frage der Phosphorsäure liegt. In erster Linie werden bei fehlender Düngung die leichtlöslichen Phosphate und vermittelst der von den Pflanzen ausgeschiedenen sauren Wurzelsäfte wohl auch die schwerlöslichen Phosphate angegriffen. Die Apatitform, welche die Urform der Phosphorsäure im Boden darstellt, wird sicherlich nur sehr langsam gelöst werden. Die festgestellte Abnahme des Phosphorsäuregehaltes des Bodens würde sich demnach wesentlich auf die unter 2., 3. und 4. angeführte Form erstrecken, wobei über die Phosphorhumusverbindungen noch sehr verschiedene Meinungen vorhanden sind[1]). Es ist anzunehmen, daß bei allen diesen Prozessen auch die Bakterien eine Rolle spielen und daß biologische Vorgänge einen günstigen Einfluß auf die Löslichkeit der Bodenphosphorsäure ausüben[2]), wie wir es ja auch schon beim Kali gesehen haben. Durch die normale Atmung der im Boden lebenden Mikroorganismen wird Kohlensäure gebildet, welche lösend auf die Phosphorverbindungen einwirkt; Stoklasa[3]) weist nach, daß die Wirkung der Kohlensäure sich auch auf organische Phosphorverbindungen (Phosphatide, Phytin und Nukleoproteide) erstreckt. Wie ich schon angeführt habe, sind die Bakterien auch befähigt, andere Säuren zu bilden, was für das Löslichwerden der Phosphorsäure von ganz besonderem praktischen Wert ist, worauf Koch[4]) bereits hingewiesen hat. Es ist mehr-

---

[1]) A. Petit: Über die Fixierung der Phosphorsäure durch die organische Substanz des Bodens. Nach franz. Referat im Bot. Zentralbl. 1912, Bd. 119, S. 35.

[2]) Schlösing: Compt. rend. 1902, p. 1383.

[3]) Stoklasa: Biochemischer Kreislauf des Phosphations im Boden. Zentralbl. f. Bakteriol. Bd. 29. II, 1911, S. 385.

[4]) A. Koch: Einige Arbeiten des Kgl. landw. bakt Inst. d. Univ. Göttingen. Mitteil. d. D. L. G. 1906, S. 114, Stück 10. — A. Koch und Kröber: Fühl. landw. Ztg., Bd. 55, 1906, S. 225—235. Desgl. Kröber, Journal für Landwirtschaft, Bd. 57, 1909, S. 5—80.

fach behauptet worden[1]), daß bei Vorhandensein von Bakterien die Menge der leichtlöslichen Phosphorsäure herabgesetzt wird. Severin meint, die eine Bakterienspezies hebe die Menge der leichtlöslichen Phosphorsäure, die andere drücke sie herab. Eine Abnahme an leichtlöslicher Phosphorsäure wird wohl in der Hauptsache auf Rechnung eines Verbrauches derselben durch Bakterien zu setzen sein und ist daher nur eine zeitweilige, da ja nach Absterben der Bakterien die von letzteren aufgenommene Phosphorsäure, ebenso wie das Kali, den Pflanzen wieder zur Verfügung gestellt wird.[2])

In Anbetracht der sehr geringen Löslichkeit der Bodenphosphate ist die von mir ermittelte Abnahme an Phosphorsäure zweifellos recht bedeutend und es liegt nahe, anzunehmen, daß beim Abbau des Phosphorsäurekapitals auch die Bakterien mitgewirkt haben, dann allerdings nur oder überwiegend in der Form, daß sie die schwerlöslichen Phosphorverbindungen in leichtlösliche übergeführt haben, was deren Aufnahme durch die Pflanzen wesentlich beschleunigt hat.

## 3 c. Der Humusgehalt des Bodens bei völlig fehlender Düngung.

Die bei der allmählichen Zersetzung der organischen Stoffe entstehenden und fortwährenden Veränderungen unterliegenden Bildungen werden allgemein als Humus bezeichnet[3]). Der Humus unterscheidet sich deshalb von den bisher untersuchten und besprochenen Pflanzennährstoffen dadurch, daß er keine bestimmte chemische Substanz von gleichbleibender Zusammensetzung ist; diese ist vornehmlich von dem Stadium und der Richtung des Verwesungsvorganges abhängig. Der Humifikationsvorgang an

[1]) A. Severin: Die Mobilisierung der Ph.-S. des Bodens unter dem Einfluß der Lebenstätigkeit der Bakterien. Zentralbl. f. Bakteriol. II. 1910, Bd. 28, S. 561. Derselbe, Zentralbl. f. Bakt. II, 1912, Bd. 32, S. 498.

[2]) Loew und Aso: Über die Nutzbarkeit des Stickstoffs im Boden, Biedermanns Zentralbl. f. Agrikulturchemie 1908, S. 639.

[3]) Arb. d. D. L. G., Heft 36, Wollny: Neuere Forschungen auf dem Gebiete der physikalischen Vorgänge im Boden, S. 73.

sich stellt eine langsame Oxydation dar, wobei als humusliefernde Substanzen Eiweißstoffe tierischen und pflanzlichen Ursprungs sowie Kohlehydrate und einige Pflanzensäuren in Betracht kommen. Als Quelle für die Kohlensäureentwicklung, die ja bekanntlich eine Begleiterscheinung der Humusbildung ist, kommt die Zellulose in Frage[1]), diese ist daher auch nicht als speziell „humusliefernde Substanz" anzusehen. Ohne weiter auf die Besprechung der Oxydationsprodukte einzugehen, denn das würde über den Rahmen dieser Arbeit hinausragen, erscheint es am Platze, noch kurz auf die vielseitige Bedeutung der Humusstoffe für den Kulturboden hinzuweisen. Der Humus ist ein hervorragender Träger der Bodenfruchtbarkeit. Seine Wirkung liegt in physikalischer, chemischer und biologischer Richtung begründet. Durch seine physikalischen Eigenschaften verbessert er den Bau und die Wasserversorgung des Bodens. In chemischer Hinsicht regelt er einerseits durch Absorption, andererseits durch die allmähliche Zersetzung die Stickstoff- und Mineralstoffzufuhr für die landwirtschaftlichen Kulturgewächse. In biologischer Richtung sind die Humusstoffe als Nahrungs- und Kraftquelle für die Mehrzahl der Bakterien von hervorragender Bedeutung[2]). Die chemischen und bakteriellen Funktionen greifen gewissermaßen ineinander. In dem Maße nämlich, in dem der Humus von den Bakterien verarbeitet wird[3]), werden seine Bestandteile in eine für die Pflanzen leicht aufnehmbare Form übergeführt; die Schlußwirkung bleibt demnach chemischer Art. Es sei bemerkt, daß die Wirkung des Humus auf die Bakterien nicht nur als Nahrungs- und Kohlenstoffquelle usw. in Betracht zu kommen scheint, sondern daß die rohen Humussäuren nach neueren Untersuchungen auch als Träger von Reizstoffen eine Rolle spielen[4]).

Darnach ist es klar, daß die Menge und das Verhalten dieses Stoffes für die Ertragsfähigkeit des Bodens sehr maßgebend sein muß. Versuche haben ergeben, daß wir imstande sind, in

[1]) Benni: Chem. Zentralbl. 1897, I. S. 31.

[2]) Heinze: Zentralbl. f. Bakt. II. Abtl., Bd. X, 1903, S. 601. Desgl. Bd. XII, 1904, S. 61.

[3]) Löhnis, Handbuch der landwirtschaftl. Bakteriologie, S. 569, 1910.

[4]) Über die biologische Reizwirkung natürlicher Humusstoffe. Zentralbl. f. Bakt., Abtl. II, Bd. 30, 1911, S. 349. Th. Remy u. G. Rösing. Desgl. Bd. 22, 1909, S. 561. E. Kayser, Einfluß der Humate auf die Mikroorganismen. Compt. rend. 1911, Bd. 152, S. 1871.

Vegetationsgefäßen Pflanzen allein mit Hilfe von künstlichen Düngesalzen, ohne Anwesenheit von Humus, zu einer normalen Entwicklung zu bringen. Auf dem Acker jedoch werden wir bei humusarmen Böden, selbst bei einer reichen künstlichen Düngung, nur spärliche Ernten erzielen, weil die sonstigen günstigen Verhältnisse, die man künstlich herzustellen vermag, im Acker nicht geschaffen werden können.[1]) Wenn die von den ungedüngten Teilstücken des Versuchsfeldes Oberholz des Landwirtschaftlichen Institutes der Universität Leipzig erhaltenen Ernten noch verhältnismäßig hoch sind, so ist das meiner Ansicht nach in erster Linie lediglich dem noch immer hohen Humusgehalte zu verdanken. Ob nun die Ernteerträge eine steigende oder fallende Richtung zeigen, kommt hierbei garnicht in Frage, das soll später erörtert werden. Eine Ernte von 21 dz Roggenkörnern auf 1 ha, wie sie auf dem Teilstück Nr. 15 im Jahre 1912 erzielt wurde, kann unter den obwaltenden Umständen nicht als niedrig bezeichnet werden. Aus der folgenden Tabelle Nr. VII sehen wir, daß der Humusgehalt des Bodens in den vorliegenden Teilstücken im Jahre 1905 noch recht bedeutend war, besonders wenn man bedenkt, daß bereits seit 9 Jahren keine Zufuhr humusbildender Stoffe stattgefunden hatte.

Wir finden z. B. im Teilstück Nr. 15 (1905) Ost und West einen Humusgehalt von über 5%, ebenso im Teilstück Nr. 20 (1905) West. Dieser Gehalt steht mit 5,353% an der Spitze aller übrigen dieses Jahres bei den ungedüngten Teilstücken. Ein weiterer Blick auf die Tabelle läßt erkennen, daß im Laufe der folgenden zehn Jahre (1905—1915) eine wesentliche Verminderung des Humusgehaltes im Boden eingetreten ist. Der größte Verlust hat beim Teilstück Nr. 15 stattgefunden, wo er auf der Ost- und der Westseite des Teilstücks fast der gleiche ist — 1,058 und 1,057%. Die geringste Abnahme findet sich im Teilstück Nr. 10, Ost, mit 0,410%. Im Durchschnitt stellt sich in zehn Jahren die Einbuße an Humus auf 0,7—0,8%. Der dem Boden im Jahre 1915 verbleibende Humusgehalt beträgt immer noch in der Mehrzahl der Fälle über 4%. Wie hoch der Gehalt und wie groß die Abnahme an Humus, in absoluten Zahlen ausgedrückt, auf 1 ha und 25 cm Tiefe ist, ersieht man aus der folgenden Zahlenübersicht (Nr. VIII.):

[1]) von Rümker: Tagesfragen aus dem modernen Ackerbau, 2. Heft, Grundfragen der Düngung, 4. Aufl., 1912, S. 11.

Tabelle VII.

**Humus.**

*Angaben in Gew.-Proz. auf wasserfreien Feinboden berechnet.*

| Teilstück | Probe | 1905 | 1915 | Unterschied |
|---|---|---|---|---|
| 10 | Ost | 4,536 | 4,126 | — 0,410 |
| | Mitte | — | 3,885 | — |
| | West | 4,967 | 4,170 | — 0,797 |
| 15 | Ost | 5,003 | 3,945 | — 1,058 |
| | Mitte | — | 4,677 | — |
| | West | 5,229 | 4,172 | — 1,057 |
| 20 | Ost | 4,901 | 4,025 | — 0,876 |
| | Mitte | — | 4,066 | — |
| | West | 5,353 | 4,783 | — 0,570 |

Tabelle VIII.

**Humus.**

*Angaben in kg für 1 ha und 25 cm Tiefe, auf wasserfreien Feinboden berechnet.*

| Teilstück | Probe | 1905 | 1915 | Unterschied |
|---|---|---|---|---|
| 10 | Ost | 170100,0 | 154725,0 | — 15375,0 |
| | Mitte | — | 145687,5 | — |
| | West | 186262,5 | 156375,0 | — 29887,5 |
| 15 | Ost | 187612,5 | 147937,5 | — 39675,0 |
| | Mitte | — | 175387,5 | — |
| | West | 196087,5 | 156450,0 | — 39637,5 |
| 20 | Ost | 183787,5 | 150937,5 | — 32850,0 |
| | Mitte | — | 152475,0 | — |
| | West | 200737,5 | 179362,5 | — 21375,0 |

Wir sehen daher, daß die höchste Humusmenge des Bodens im Jahre 1905, die im Teilstück Nr. 20, Westen, vorhanden war, auf 1 ha 200737,5 kg betrug. Im Jahre 1915 enthält der Boden immer noch meistens über 150 000 kg Humus. Dieser Gehalt ist, mit den der mineralischen Pflanzennährstoffe und dem des Stickstoffs verglichen, viel größer — aber umso größer ist auch die Abnahme an Humus im Vergleich zu dem Verlust an jenen Stoffen. Die größte Abnahme an Humus beträgt in absoluten Werten 39675,0 kg — (Teilstück Nr. 15 Ost), die geringste — 15375,0 kg (Teilstück Nr. 10 Ost). Bemerkenswert ist noch, daß der (Tabelle VII) im Teilstück Nr. 15 vorhin als gering angegebene Unterschied in der Abnahme (1,058 gegen 1,057 %), der also nur eine Differenz von 0,001 % zwischen den beiden Zahlen zeigt, in absoluter Größe immerhin 37,5 kg beträgt (Tabelle VIII). Es ist klar, daß bei weiterem Unterlassen der Düngung, in diesem Falle der Zufuhr humusbildender Stoffe, der Humusgehalt, wie es auch bei den mineralischen Pflanzennährstoffen der Fall ist, schließlich völlig aufgezehrt sein wird. Als Ersatz für den umgesetzten Humus kommen jedes Jahr lediglich die Stoppel- und Wurzelrückstände [1]) der Kulturgewächse in Betracht, die natürlich bei der großen und vielseitigen Inanspruchnahme der Humusstoffe den Verbrauch nicht aufwiegen können. Um den Humusgehalt auf ein Mindestmaß herabzudrücken, wären für das Teilstück Nr. 10 Ost etwa 100 Jahre, für das Teilstück Nr. 15 Ost hingegen nur 37 Jahre nötig. Legen wir die durchschnittliche jährliche Abnahme von 0,07—0,08 % zugrunde, so würde ein nahezu völliges Aufzehren des Humus in etwa 50 bis 60 Jahren zu erwarten sein.

[1]) Löhnis: Handb. der landwirtschaftl. Bakteriologie, S. 577—579.

## 4. Die Beziehungen zwischen dem Humus- und Stickstoffgehalte des Bodens bei fehlender Düngung.

Die Beziehungen zwischen dem Stickstoff und dem Humus sind, wie wir schon zum Teil gesehen haben, sehr vielseitig. Einerseits enthält jeder fruchtbare Humus Stickstoff in organischer Form, welcher durch Mikroorganismen in anorganische Verbindungen (Ammoniak, Nitratverbindungen und freien Stickstoff) übergeführt wird, andererseits bildet der Kohlenstoff[1]), als zweiter wichtiger Bestandteil des Humus, eine sehr geeignete Nahrungsquelle für stickstoffsammelnde Bakterien. Weiter scheinen auch die fortgeschritteneren Zersetzungsprodukte des Humus[2]) auf die eben erwähnten Mikroorganismen günstig einzuwirken. Schließlich ist ja der Humus bei der Absorption des Ammoniaks, die früher schon besprochen wurde, auch in hohem Maße beteiligt.

Ich möchte darauf hinweisen, daß die Nitrifikation des Humusstickstoffes, nach mehrfachen Untersuchungen zu urteilen, nicht sehr bedeutend zu sein scheint. P. Wagner[3]) fand, daß bei Feldversuchen während einer Versuchsdauer von 260 Tagen nur 3% nitrifiziert wurden. Ehrenberg[4]) stellte fest, daß nach 80 Tagen etwa 5% des Humusstickstoffes diesem Vorgange unterworfen waren, wobei diese Versuche allerdings unter Verhältnissen angestellt wurden, die für die Nitrifikation als besonders

[1]) Heintze: Zentralbl. f. Bakt., II. Abtl. 1903, Bd. X, S. 601, desgl. Bd. XII, 1904, S. 61.

[2]) Remy und G. Rösing: Über die biologische Reizwirkung natürlicher Humusstoffe, Zentralbl. f. Bakt., Abtl. II, Bd. 30, 1911, S. 349.

[3]) Arbeiten der D. L. G., Heft 80, 1903, S. 78.

[4]) Mitteilungen d. landw. Inst. Breslau, Bd. IV, 1907, S. 187.

günstig bezeichnet werden müssen. Neben der Art des Humus und der Beschaffenheit des Bodens kommt bei all diesen Prozessen noch wesentlich das Klima in Betracht, so daß sich diese Zahlen selbstverständlich nicht verallgemeinern lassen. Löhnis[1]) meint, man könne durchschnittlich mit einer Nitrifikation von 2% des Humusstickstoffes rechnen. Das gemeinsame bei allen Angaben ist der geringe Betrag, und somit wäre diesem Zweige der Beziehungen zwischen Humus und Stickstoff keine große Bedeutung beizumessen.

Wichtiger scheint aber der Umstand zu sein, daß der Humus das Nahrungsmittel der Bakterien ist. Die stickstoffbindenden Mikroorganismen des Bodens sind bei fehlender Zufuhr organischer Stoffe ausschließlich auf die organische Substanz angewiesen, die im Boden enthalten ist. Bei gleichartigen Böden, wie es doch die drei vorliegenden ungedüngten Teilstücke im wesentlichen sind, könnte man annehmen, daß der Humus- und der Stickstoffgehalt Hand in Hand gehen, d. h. daß dort, wo der meiste Humus vorhanden ist, auch der meiste Stickstoff zu finden sein wird. Zum Vergleich stelle ich die beiden in Frage kommenden Tabellen (I und VII) neben einander (siehe nächste Seite).

Der höchste Humusgehalt des Jahres 1905 wurde im Teilstück Nr. 20, Westen, gefunden, und zwar betrug er 5,353%; der entsprechende Stickstoffgehalt dieser Probe dieses Teilstückes betrug 0,0981%; das ist nun allerdings nicht der höchste Gehalt an Stickstoff in den Proben des Jahres 1905, denn er wird durch den Gehalt der Probe Nr. 10, Westen, um 0,002% übertroffen. Aber dieser geringe Unterschied spielt selbstverständlich bei den großen Schwankungen im Stickstoffgehalte keine Rolle, so daß man geneigt sein könnte, die Ansicht, mit höherem Humusgehalt gehe bei gleichartigem Boden und ähnlichen Verhältnissen auch ein höherer Stickstoffgehalt Hand in Hand, als bewiesen anzunehmen.

Zu einer anderen Auffassung kommt man aber, wenn man das Teilstück Nr. 15 (1905) ins Auge faßt. Was den Humusgehalt betrifft, so steht er an zweiter Stelle. Verhält sich nun der Stickstoffgehalt des Teilstückes Nr. 15 auch ebenso zu dem N-Gehalte der übrigen Proben von 1905? Das ist nicht der Fall! Der Stickstoffgehalt des Teilstückes Nr. 15 (1905) ist der niedrigste

[1]) Handb. d. landwirtschaftl. Bakt., S. 564.

unter allen. Ebenfalls würde der niedrigste Humusgehalt (Teilstück Nr. 10, Ost 1905) nicht dem niedrigsten Stickstoffgehalte entsprechen. Wir finden also keineswegs bestätigt, daß ein höherer Humusgehalt auch mit einem höheren Stickstoffgehalte Hand in Hand geht. Vergleichen wir die Befunde von 1915, so finden wir dasselbe. Es hat zunächst den Anschein, als ob mehr Humus auch mehr Stickstoff entspräche. Es sind z. B. alle

Tabelle I Tabelle VII

*Angaben in Gew.-Proz. auf wasserfreien Feinboden berechnet.*

| Teilstück | Probe | Stickstoff. 1905 | Stickstoff. 1915 | Stickstoff. Unterschied | Humus. 1905 | Humus. 1915 | Humus. Unterschied |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 10 | Ost | 0,0947 | 0,0970 | +0,0023 | 4,536 | 4,126 | — 0,410 |
| | Mitte | — | 0,0951 | — | — | 3,885 | — |
| | West | 0,0983 | 0,1085 | +0,0102 | 4,967 | 4,170 | — 0,797 |
| 15 | Ost | 0,0837 | 0,0993 | +0,0156 | 5,003 | 3,945 | — 1,058 |
| | Mitte | — | 0,0950 | — | — | 4,677 | — |
| | West | 0,0880 | 0,1020 | +0,0140 | 5,229 | 4,172 | — 1,057 |
| 20 | Ost | 0,0947 | 0,0991 | +0,0044 | 4,901 | 4,025 | — 0,876 |
| | Mitte | — | 0,0950 | — | — | 4,066 | — |
| | West | 0,0981 | 0,1020 | +0,0039 | 5,353 | 4,783 | — 0,570 |

Proben West (1915) an Humus reicher, als die Proben von Ost; z. B. hat 10 West mehr Humus als Ost, 15 West mehr als 15 Ost und 20 West mehr als 20 Ost. In diesem Falle entspricht demselben Verhältnis auch der Stickstoffgehalt; d. h. alle Westproben 1915 haben mehr Stickstoff als die Ostproben. Der höchste Humusgehalt des Jahres 1915 findet sich im Teilstück Nr. 20, Westen; der höchste Stickstoffgehalt liegt aber im Teilstück Nr. 10, Westen. Noch weniger einheitlich gestaltet sich das Bild, wenn wir die Mitte des Teilstückes Nr. 15 heranziehen. Innerhalb des Teilstückes Nr. 15, und das Verhalten in demselben

Teilstücke sollte vielleicht am meisten maßgebend sein, hat die Mitte bei weitem den höchsten Humusgehalt, während ihr entsprechender Stickstoffgehalt von 0,0950 % der niedrigste im genannten Teilstücke ist. So könnte man noch viele Beispiele anführen und man würde stets auf Ausnahmen und Widersprüche stoßen. Ich komme also auf Grund dieser Betrachtung zu dem Schlusse, daß ein hoher Humusgehalt des Bodens bei fehlender Düngung wohl mit einem hohen Stickstoffgehalte Hand in Hand gehen kann, daß dies aber keineswegs immer der Fall ist.

Damit sind aber unsere Betrachtungen über diesen Punkt noch nicht abgeschlossen. Wir wollen ermitteln, ob sich nicht vielleicht aus den gefundenen Zahlen irgendwelche greifbare Korrelationen zwischen dem Humus- und dem Stickstoff-Gehalte ergeben. In der Tat scheint es, als ob der Humusverbrauch und der Stickstoffgewinn in einer deutlichen Beziehung zu einander stehen. Dies tritt sofort vor die Augen, wenn wir die in der Rubrik „Unterschied“ angeführten Zahlen vergleichen. Der größte Humusverbrauch hat auf Teilstück Nr. 15 stattgefunden; da nun der Humusverbrauch, wie wir früher schon gesehen haben, sich zum großen Teil auf stickstoffsammelnde Bakterien zurückführen läßt, so erscheint es sehr wahrscheinlich, daß ein größerer Humusverbrauch auch eine größere Stickstoffanreicherung im Boden zur Folge hat. Das finden wir denn auch bestätigt. Das Teilstück Nr. 15 hat bei unseren Befunden die größte Zunahme an Stickstoff zu verzeichnen. Dasselbe finden wir innerhalb des Teilstücks Nr. 10; die größere Abnahme an Humus (Westen) hat auch die größere Zunahme an Stickstoff bewirkt und umgekehrt (Osten). Im Teilstück Nr. 20 finden wir dasselbe Bild. Selbstverständlich ist diese angedeutete Beziehung nicht mathematisch genau und beim Vergleich aller drei Teilstücke unter einander würden wir auf eine Ausnahme stoßen, auf die ich hingewiesen haben möchte. Es handelt sich um die Teilstücke Nr. 10, Westen, und 20, Osten. Der Humusgehalt auf Nr. 10 hat um 0,797 %, auf Nr. 20 um 0,876 % abgenommen. In diesen beiden Teilstücken entspricht allerdings dem größeren Humusverbrauch nicht ein größerer Stickstoffgewinn, denn bei Teilstück Nr. 20, Ost, ist der Stickstoffgewinn nur 0,0044 % gegen 0,0102 % im Teilstück Nr. 10, West. Trotz dieser einen Ausnahme meine ich aber doch, daß sich hier ein klares Bild ergibt, welches innerhalb eines jeden Teilstückes in diesem Falle

wenigstens eine Gesetzmäßigkeit erkennen läßt. Somit möchte ich diese zweite Darlegung mit folgender Zusammenfassung schließen: Wo sich bei fehlender Düngung eine größere Abnahme des Gehaltes an Humus feststellen läßt, ist man, zum mindesten innerhalb desselben Teilstückes, aber in der Mehrzahl der Fälle bei gleichartigem Boden und ähnlichen Verhältnissen auch sonst, berechtigt einen größeren Stickstoffgewinn anzunehmen.

## 5. Die Erträge in der vorliegenden Fruchtwechselwirtschaft bei fortgesetztem Unterbleiben der Düngung.

Unsere bisherigen Betrachtungen haben gezeigt, daß der Vorrat des hier in Frage stehenden Bodens an mineralischen Pflanzennährstoffen beschränkt und deshalb infolge des fortgesetzten Entzuges vermindert worden ist, während sein Stickstoffgehalt durch verschiedene, vorhin erörterte Umstände, keine Abnahme erfahren hat. Da aber der Ernteertrag nicht nur vom Vorhandensein eines Pflanzennährstoffes, am wenigsten von dem im Optimum befindlichen, sondern auch von der genügenden Menge und vom Zusammenwirken aller Pflanzennährstoffe abhängt, so ist zu erwarten, daß durch den bei fehlender Düngung betriebenen „Raubbau" die Fruchtbarkeit des Bodens vermindert und sein Ertrag nach und nach bis auf ein bestimmtes Mindestmaß herabgedrückt wird. Es liegen bereits die Ergebnisse zahlreicher Versuche vor, die den Zweck haben, die Folgen eines länger fortgesetzten Raubbaues zu prüfen. So hat Christiani[1]) in Kerstenbruch 75 Jahre lang ohne jeglichen Dünger stärksten Raubbau getrieben; obwohl es sich hier um einen von Natur sehr reichen Boden handelt, der 0,34 % Stickstoff, 0,244 % Kali und 0,263 % Phosphorsäure enthielt, sanken die Ernten stark. Bemerkenswert ist, daß die Getreideerträge nur langsam zurückgingen, während die Zuckerrüben, die ja bedeutend größere Nährstoffmengen, besonders was Kali anbelangt, brauchen, nach 40 Jahren auf 1 ha nur noch 95 dz (gegen 325 dz bei voller Düngung) brachten. Ob, nebenbei bemerkt, zu dieser schnellen Verminderung der Rübenerträge neben dem Kalimangel nicht

[1]) Christiani: 75 Jahre ohne Düngung. Deutsche landw. Presse 1903, S. 217, 226 u. 236.

auch andere Umstände, so das Auftreten der bekannten Rundwürmer, der Nematoden, beigetragen haben, ist nicht angegeben; bei der Art des Versuches, wo von 1852 bis 1876 fast ausschließlich Rüben und Gerste gebaut wurden, muß man die erwähnte Schädigung der Rüben sicherlich mit in Rechnung ziehen.

Wenn schon auf einem an sich reichen Boden die Erträge der Halmfrüchte merklich abnehmen, so ist das bei einem ärmeren Boden, wie ihn Lawes und Gilbert[1]) benutzen, in noch höherem Maße der Fall. Ursprünglich belief sich auf dem Broadbalkfelde in Rothamsted der Ertrag bei normaler Düngung auf etwa 18 dz Weizenkörner. Nachdem jegliche Düngung vollkommen unterblieben war, sanken die Erträge an Weizenkörnern abschnittsweise wie folgt:

| Jahre | Weizenkörner pro ha, kg | Jahre | Weizenkörner pro ha, kg |
|---|---|---|---|
| 1845—48 | 1320 | 1873—76 | 690 |
| 1849—52 | 1170 | 1877—80 | 655 |
| 1853—56 | 1031 | 1881—84 | 875 |
| 1857—60 | 1167 | 1885—88 | 881 |
| 1861—64 | 1100 | 1890 | 820 |
| 1865—68 | 895 | 1898 | 833 |
| 1869—72 | 875 | 1900 | 889 |

Ich habe diese Zahlen angeführt, um zu zeigen, daß in den ersten Jahren bei fehlender Düngung die Erträge stark fielen, um sich aber dann (in diesem Falle nach 20 Jahren) auf ein mehr oder weniger gleichbleibendes Mindestmaß einzustellen. Die dann auftretenden Schwankungen sind durch das ungleichmäßige Löslichwerden der mineralischen Pflanzennährstoffe im Boden und durch die Verschiedenartigkeit des Wetters in den betreffenden Jahren zu erklären. Das Sinken der Erträge kann nicht, wie schon Löhnis[2]) bemerkt hat, auf Kosten des Stickstoffmangels gesetzt werden, da auf den mit Stickstoff, Kali und Phosphorsäure gedüngten Teilstücken ein ganz ähnlicher Rückgang der Ernten zu verzeichnen war. Löhnis macht für die Depressionen Humusmangel, durch einseitige Kultur verschlechterte Struktur des Bodens und „Weizenmüdigkeit“ verantwortlich.

[1]) J. H. Gilbert: Field and other Experiments, conducted on the Farm at Rothamsted. 1896.

[2]) Löhnis: Boden-Bakterien und Boden-Fruchtbarkeit, S. 24, 1914.

In der Tat haben regelrechte Fruchtwechselversuche mit sorgfältiger Bodenbearbeitung ganz andere Ergebnisse geliefert. Als ersten nenne ich den Versuch auf dem Agdell-Felde in Rothamsted. Es wurden dort im Laufe von 60 Jahren gleichbleibende Ernteerträge erhalten, wobei der jährliche Stickstoffentzug durch die Ernten im Durchschnitt 30—40 kg betrug. Daß die pro Jahr und ha geerntete Stickstoffmenge bei fehlender Düngung noch bedeutender sein kann, geht aus folgender Zusammenstellung hervor:

*Jährlich geerntete Stickstoffmengen auf 1 ha und Jahr bei fehlender Düngung.*

| Versuchsfeld | N kg | Art und Dauer des Versuches. |
|---|---|---|
| Lauchstädt . . . . | 67,9 | Fruchtwechselw. . . 7 Jahre [1]) |
| Rosenthal (Breslau) . | 60 | Brachewirtschaft . . 6 Jahre [2]) |
| Rosenthal (Breslau) . | 53 | Einfelderwirtsch. . . 6 Jahre [3]) |
| Rothamsted . . . . | 30—40 | Fruchtwechselw. . . 60 Jahre |
| Göttingen , . . . | 36 | Brache-Versuch . . 10 Jahre [4]) |
| Lauchstädt . . . . | 33 | Fruchtwechselw. , . 3 Jahre [5]) |
| Halle . . . . . | 29,24 | Einfelderwirtsch. . . 20 Jahre [6]) (Roggen) |
| Gr. Enzersdorf . . | 29 | Getreidebau . . . 6 Jahre [7]) |
| Ellenbach . . . . | 27 | Fruchtwechselw. . . 10 Jahre [8]) |

Für das Versuchsfeld Oberholz habe ich, wie schon früher erwähnt, in der Roggenernte von 1912, Teilstück Nr. 15, einen Entzug von etwa 60,12 kg Stickstoff pro ha festgestellt. [9]) Zu gleichen Ergebnissen, wie sie auf dem Agdell-Felde in Rothamsted gefunden wurden, kam auch Kühn bei seinem Roggenbau-

---

[1]) Schneidewind: Bericht 5 der Versuchswirtschaft Lauchstädt 1904. Desgl. Schneidewind: Die Ernährung der landwirtschaftlichen Kulturpflanzen, S. 72, 1915.

[2]) von Rümker: Mitteil. d. landw. Inst. Breslau, Bd. V, 1909, S. 602.

[3]) Daselbst S. 595.

[4]) A. Koch: Journal für Landwirtschaft, Bd. 61, 1913, S. 260.

[5]) Schneidewind, Meyer und Münther: Fühl. Landw. Ztg. Bd. 60, 1911, S. 780—791.

[6]) J. Kühn: Fühl. Landw. Ztg. 1901, S. 2.

[7]) A. v. Liebenberg: Mitteil. der Hochsch. f. Bodenkultur, Wien, Bd. I, 1912, S. 1—56.

[8]) Caron: Amtsbl. d. Landw.-Kammer, Kassel 1901, S. 97.

[9]) Im Mittel während der Versuchsdauer von 1905—1915 41,41 kg N jährlicher Entzug pro ha.

versuch[1]), wo trotz fehlender Düngung die Erträge im Laufe von zwanzig Jahren nicht zurückgegangen, sondern im Gegenteil hauptsächlich beim Stroh gestiegen waren. Bei diesem Versuche waren die Erträge auf den ungedüngten Teilstücken an Roggen in kg:

| Jahr | Körner | Stroh und Spreu | zusammen |
|---|---|---|---|
| 1879 | 1820 | 2490 | 4310 |
| 1894/98 | 1974 | 3914 | 5888 |
| 1899 | 1750 | 3730 | 5480. |

Es würde zu weit führen, wollte man die Ergebnisse aller auf diesem Gebiete ausgeführten Beobachtungen hier heranziehen, sie ergeben aber im wesentlichen ganz ähnliche Bilder.

Es soll nun untersucht werden, wie sich die Erträge der ungedüngten Teilstücke des Versuchsfeldes Oberholz im Laufe der zehn Jahre (1905—1915) verhalten haben. Insbesondere soll zunächst die Frage beantwortet werden: Hat bei dem befolgten Fruchtwechsel und fehlender Düngung eine wesentliche Abnahme der Erträge stattgefunden? Zum Vergleich können natürlich nur zwei Jahre herangezogen werden, in denen die gleiche Frucht angebaut worden ist. Nach der am Schlusse angefügten Erntetabelle (Tabelle X) kommen in Betracht: Roggen (1906, 1912 und 1915), Weizen (1911 und 1914) und Kartoffeln (1910 und 1913). Roggen 1915 muß wegen der großen Trockenheit im Vorsommer 1915 vom Vergleich ausgeschaltet werden; dasselbe gilt in noch höherem Maße vom Weizen 1911. Von einem Vergleich der Kartoffelerträge der Jahre 1910 und 1913 müssen wir ebenfalls absehen, da im Jahre 1913 die Blattrollkrankheit sehr stark ertragsvermindernd gewirkt hat. Es kann aber kein Zweifel sein, daß der abnehmende Kaligehalt des vorliegenden Bodens die Erträge der Kartoffel herabzudrücken vermocht hat. Bevor wir die Roggenernten von 1906 und 1912 betrachten, soll untersucht werden, ob das Wetter, vor allem die Luftwärme und die Niederschlagsmenge, in den hauptsächlich für das Wachstum wichtigen Monaten der genannten Jahre einander im allgemeinen gleichen. Sollten sich große Unterschiede zeigen, so würde der höhere Ertrag in einem der beiden Jahre auch hauptsächlich auf die Einwirkung des günstigeren Wetters zurückgeführt werden können.

[1]) J. Kühn: Fühl. Landw.-Ztg. 1901, S. 2.

Aus den vom Herrn Geheimen Hofrat Professor Dr. W. Kirchner mir gütigst zur Verfügung gestellten Aufzeichnungen des Wetters auf dem Versuchsfelde Oberholz habe ich die Niederschlagsmengen und Durchschnittstemperaturen eines jeden Monats der in Frage kommenden Jahre berechnet und folgendermaßen geordnet:

| | Durchschnitt der Luftwärme[1]) in ° Celsius | | Niederschlagsmengen, in mm | |
|---|---|---|---|---|
| | 1906 | 1912 | 1906 | 1912 |
| April . . . . | 13,58 | 5,62 | 33,4 | 26,7 |
| Mai . . . . | 13,87 | 11,1 | 80,0 | 40,1 |
| Juni . . . . | 11,74 | 14,55 | 71,1 | 144,3 |
| Juli . . . . | 12,20 | 17,44 | 83,5 | 72,0. |

Die hier zusammengestellten Witterungsfaktoren sind für die Monate April, Mai und Juli der Jahre 1906 und 1912 nur annähernd einander gleich; man könnte eher sagen, daß sich im Jahre 1906 der April und Mai etwas günstiger gestaltet haben. Im Juni ist das Jahr 1912 hingegen mehr begünstigt gewesen. Für das Gedeihen des Roggens scheint vornehmlich der Mai ausschlaggebend zu sein, weniger der Juni; so hatte das Jahr 1915 einen sehr trockenen Mai, während der Juni — aber freilich auch erst vom 26. an — wieder mehr Niederschläge brachte; trotzdem waren die Erträge sehr gering. Es ist selbstverständlich, daß nicht allein die Regenmenge und die durchschnittliche Luftwärme in den einzelnen Monaten allein für den Erfolg der Ernte ausschlaggebend ist und daß Niederschläge, die innerhalb einer knapp bemessenen Frist fallen, eine stärkere Wirkung ausüben, als wenn den Pflanzen das Wasser zu einer anderen Zeit ihrer Entwicklung zugeführt wird.

Es ist auch noch nicht festgestellt, warum gerade im Mai Regen fallen muß, damit der Roggenertrag dadurch erhöht wird. Dabei kommen noch andere Umstände in Betracht. Bei einer

[1]) Die Berechnung der Durchschnittswärme wurde nach der in Oberholz gebräuchlichen Weise folgendermaßen ausgeführt: In der Abteilung „Maximum“ und „Minimum“ wurden erst gesondert alle Wärmegrade unter 0°, dann alle Wärmegrade über 0° zusammengezählt. Die beiden erhaltenen Zahlen wurden von einander abgezogen und der Unterschied durch die verdoppelte Zahl der Tage des betreffenden Monats geteilt. Es handelt sich hier auch nur um Vergleichswerte.

Übersicht über das Wetter in den einzelnen Monaten, die gar kein Bild von der Verteilung der Niederschläge auf die einzelnen Tage bieten, kann dies natürlich nicht berücksichtigt und beurteilt werden. Wenn wir daher festgestellt haben, daß der Mai des Jahres 1906 für das Wachstum des Roggens günstiger war, als der des Jahres 1912, so ist das eben nur in groben Zügen zutreffend.

Wenn wir an der Hand der folgenden Tabelle die Roggenerträge von 1906 und 1912 ansehen, so können wir beobachten, daß trotz fehlender Düngung keine Abnahme der Erträge stattgefunden hat.

| | | Teilstücke 10 | 15 | 20 |
|---|---|---|---|---|
| 1906 Roggen kg | Körner | 1800 | 1700 | 1740 |
| | Stroh | 2360 | 2700 | 2080 |
| | Spreu | 320 | 300 | 240 |
| | Gesamt | 4480 | 4700 | 4060 |
| 1912 Roggen kg | Körner | 2180 | 2100 | 1900 |
| | Stroh | 3540 | 3440 | 2840 |
| | Spreu | 360 | 280 | 300 |
| | Gesamt | 6080 | 5820 | 5040. |

Bei allen drei Teilstücken sehen wir eine deutliche Zunahme der Erträge; im ungünstigsten Falle beträgt sie an Körnern 160 kg (Teilstück 20), im günstigsten Falle dagegen 400 kg (Teilstück 15). Beim Stroh ist das Steigen der Erträge noch deutlicher wahrzunehmen, indem der Unterschied im ungünstigsten Falle 740 kg (Teilstück 15), im günstigsten — 1180 kg (Teilstück 10) beträgt. Diese Zunahme der Roggenerträge ist um so beachtenswerter, als das Wetter im Jahre 1906 das Wachstum des Roggens offenbar günstiger beeinflußt haben müßte und der Roggen 1906 außerdem noch von den 1905 angebauten Bohnen einen größeren Stickstoffvorrat vorgefunden haben wird, als 1912, wo die Vorfrucht Weizen war. Die Befunde decken sich im wesentlichen mit den von J. Kühn und mit den auf dem Agdell-Felde in Rothamsted erhaltenen Ergebnissen.

Nachdem die Frage, ob bei dem vorliegenden Fruchtwechsel und bei fehlender Düngung bisher eine deutliche Abnahme der Erträge stattgefunden hat, verneinend beantwortet worden ist,

ergibt sich daraus auch gleich die Lösung der zweiten hier zu erörternden Frage. Es sollte nämlich ferner festgestellt werden, ob die Höhe der Erträge in unmittelbarer Beziehung zu der Einbuße steht, die der Boden an Pflanzennährstoffen erlitten hat. Nun hat ja der Gehalt des Bodens an den mineralischen Pflanzennährstoffen allerdings abgenommen — beim Stickstoff war das nicht der Fall — die Ernteerträge sind dagegen gestiegen, wenigstens was den Roggen anlangt, und somit kann von einem unmittelbaren Zusammenhang zwischen der Abnahme des Gehaltes des Bodens an gewissen Pflanzennährstoffen und der Höhe der Erträge hier nicht gesprochen werden. Einerseits ist der Boden ein so außerordentlich verwickeltes Gebilde und andererseits beeinflussen so viele Nebenumstände das Wachstum der landwirtschaftlichen Kulturgewächse, daß sich in dieser Beziehung gar keine allgemeinen Gesetze aufstellen lassen, geschweige denn ein genaues mathematisches Abhängigkeitsverhältnis.

Es mag zum Schluß noch die Frage gestreift werden, ob wir mit den uns zu Gebote stehenden Düngemitteln in der Lage sind, die Ertragsfähigkeit eines Bodens in kurzer Zeit wieder herzustellen, wenn sie durch Raubbau stark geschädigt worden war. Ich möchte die Frage bejahen und führe dazu die Versuche von Lawes und Gilbert an, welche allerdings von Pfeiffer[1]) und Löhnis[2]) in ganz verschiedener Weise gedeutet werden. Die Weizenerträge waren bei diesen Versuchen in kg auf 1 ha:

| Jahr | Düngung | Körnerertrag | Strohertrag |
|---|---|---|---|
| 1852—63 | volle Düngung | 2718 | 6470 |
| 1864—70 | ungedüngt | 1275 | 2196 |
| 1871—83 | ungedüngt | 809 | 1369 |
| 1884 | volle Düngung | 2430 | 5118 |
| 1884—90 | volle Düngung | 2545 | 4849. |

Man sieht, wie hier, nachdem 20 Jahre nicht gedüngt worden war, eine volle Düngung, die nur in Form von künstlichen

---

[1]) Pfeiffer: Stickstoffsammelnde Bakterien, Brache und Raubbau. S. 88, II. Aufl., 1912.

[2]) Löhnis: Boden-Bakterien und Boden-Fruchtbarkeit. S. 25–31. Derselbe: Deutsche landw. Presse 1904, S. 817. Derselbe: Mitteil. d. landw. Inst. Breslau, Bd. IV, 1907, S. 43.

Düngemitteln gegeben wurde,[1]) imstande gewesen ist, allerdings nicht sofort, aber schon nach Ablauf von sieben Jahren die Erträge wieder bedeutend zu steigern; sie gleichen zwar den früheren der Jahre 1852—63 noch nicht ganz, nähern sich ihnen aber stark und zeigen eine steigende Richtung. Der Grund für die nur allmählich erfolgende Rückkehr der ursprünglichen Ertragsfähigkeit eines Bodens dürfte in seinem Mangel an Humus und der damit Hand in Hand gehenden Verschlechterung seiner physikalischen Beschaffenheit zu suchen sein. Durch Zufuhr von Stall- und Gründünger würde man wahrscheinlich die frühere Fruchtbarkeit noch schneller wieder herstellen können.

---

[1]) Löhnis: Boden-Bakterien u. Boden-Fruchtbarkeit, Anm. S. 31. Gebr. Bornträger, Berlin 1914.

## 6. Zusammenfassung.

Die Ergebnisse meiner Untersuchungen lassen sich, entsprechend der Reihenfolge der zu Anfang der Arbeit gestellten Fragen, wie folgt zusammenfassen:

1. Nach zehn Jahren fortgesetzt fehlender Düngung findet keine nachweisbare Abnahme des Gehaltes des Bodens an Stickstoff statt, geschweige denn eine Erschöpfung an diesem Pflanzennährstoffe.

Es läßt sich im Gegenteil, ungeachtet des Entzuges durch die Ernten, eine angedeutete Zunahme dieses Pflanzennährstoffes im Boden feststellen, deren Größe jedoch in Anbetracht der ungleichen Verteilung und starken Beweglichkeit des Stickstoffes zweifelhaft ist.

2. Der Gehalt des Bodens an mineralischen Pflanzennährstoffen, welche eine bei weitem gleichmässigere Verteilung im Boden zeigen, als der Stickstoff, hat sich während der in Betracht kommenden Zeit wesentlich vermindert, wobei die Phosphorsäure sich dem Kali gegenüber schon zu Beginn der Untersuchung stark im Minimum befand und ebenfalls durchschnittlich eine größere Abnahme zeigte, als das Kali.

3. Der Humusgehalt des Bodens, welcher bei den verschiedenen Proben desselben Teilstückes große Schwankungen aufwies, hat (bei fortgesetzt fehlender Düngung) eine bedeutende Verminderung erfahren.

4. Der Stickstoff- und der Humusgehalt des Bodens stehen bei fehlender Düngung in einem gewissen Abhängigkeitsverhältnis von einander, wobei sich folgende zwei Schlüsse ziehen lassen:

erstens, daß ein hoher Humusgehalt des Bodens bei fehlender Düngung wohl mit einem hohen Stickstoffgehalte Hand in Hand gehen kann, daß dies aber keineswegs immer der Fall ist.

Zweitens, daß, wo sich bei fehlender Düngung eine größere Humusabnahme feststellen läßt, man auch berechtigt ist — wegen der Tätigkeit N-sammelnder Bakterien, die den Humus verzehren — zum mindesten innerhalb desselben Teilstückes, aber in der Mehrzahl der Fälle bei gleichartigem Boden und ähnlichen Verhältnissen, auch sonst einen größeren Stickstoffgewinn anzunehmen.

5. Bei dem im vorliegenden Falle geübten Fruchtwechsel hat ohne Düngung, wenigstens soweit der Roggen hierbei in Betracht kommt, keine Abnahme der Erträge stattgefunden; es läßt sich vielmehr eine deutliche Zunahme der Roggenerträge konstatieren. Dabei ist in Betracht zu ziehen, daß der Roggen gegenüber den anderen landwirtschaftlichen Kulturgewächsen eine Sonderstellung einnimmt, indem er nämlich mit sich selbst verträglich ist.

6. Die Höhe der Erträge steht bei fehlender Düngung in keiner direkten Beziehung zu der Einbuße, die der Boden an Pflanzennährstoffen erlitten hat. Dies hat seinen Grund darin, daß sowohl der Boden ein zu verwickeltes Gebilde ist, um sich die Höhe der Erträge allein von seinem Nährstoffgehalt abhängig zu denken, als auch sehr viele andere Umstände, namentlich das Wetter, auf das Wachstum der Kulturgewächse einwirken. Deshalb lassen sich nach dieser Richtung überhaupt keine allgemein gültigen Gesetze aufstellen.

## 7. Analytische Untersuchungsverfahren.

### Gesamtstickstoffbestimmung.

10 g des lufttrockenen, zerkrümelten und durch ein 2 mm Sieb gegebenen Bodens wurden in ein Zersetzungskölbchen von schwer schmelzbarem Jenaer Kaliglas gebracht und mit 25 ccm Phosphorphenolschwefelsäure [1]) versetzt. Das Gemisch von Boden und Schwefelsäure wurde durch Schwenken zu einem dicken Brei verrührt, ein Tropfen Quecksilber zugegeben und darauf auf einer eisernen, Seesand enthaltenden Schale unter öfterem Drehen so lange erhitzt, bis es weißlich trübes Aussehen angenommen hatte, d. h. bis alle organischen stickstoffhaltigen Substanzen zu Ammonsulfat verbrannt waren. Auch die etwa vorhandene Salpetersäure wurde durch die Anwesenheit von Phenol in Nitrophenol übergeführt; dieses geht im Laufe der Zersetzung erst in Amidophenol und schließlich ebenfalls in schwefelsaures Ammoniak über.

Die zersetzte Substanz wurde noch vor völligem Abkühlen mit etwa 40 ccm destilliertem Wasser versetzt, gut durchgeschüttelt und dann einige Minuten ruhig stehen gelassen; die über dem Bodensatz befindliche Flüssigkeit wurde vorsichtig in einen etwa 700 ccm fassenden Erlenmeyer-Kolben ganz abgegossen; darauf wurde der Rückstand wieder mit etwa 40 ccm Wasser verrührt, stehen gelassen und wie beim ersten Mal abgegossen; dieses Auswaschen wurde fünf Mal wiederholt. Der im Erlenmeyer-Kolben befindlichen Lösung wurden 1 g Zinkstaub und 100 ccm schwefelkaliumhaltige Natronlauge [2]) hinzugefügt, der Kolben schnell verschlossen und das Ammoniak in

[1]) Erhalten durch Auflösen von 200 g Phosphorsäureanhydrid und 40 g Phenol in 1 Liter stickstofffreier Schwefelsäure.

[2]) Erhalten durch Auflösen von 10 g Schwefelkalium in 1 Liter Natronlauge (spez. Gew. 1,35).

$\frac{n}{2}$ Schwefelsäure abdestilliert. Zum Zurücktitrieren wurde $\frac{n}{2}$ Ammoniak, als Indikator Kongorot benutzt. Der Stickstoffgehalt wurde auf wasserfreien Boden berechnet.

### Herstellung des salzsauren Bodenauszuges.

Hierzu wurden 200 g des lufttrockenen Feinbodens abgewogen, in einen Stohmannschen Literkolben gebracht und mit 400 ccm Salzsäure vom spez. Gew. 1,126 versetzt. Die Säure wurde durch kräftiges Schütteln mit dem Boden gut vermischt; der Kolben wurde, wenn keine Kohlensäureentwicklung mehr stattfand, mit einem Gummistopfen verschlossen und 3 Stunden lang im Wagnerschen Schüttelapparat geschüttelt. Diese Art von Behandlung gestattet es, alle Bodenteilchen gleichmäßig mit der Säure in Berührung zu bringen und insbesondere sämtliche Bodenauszüge unter ganz gleichen Bedingungen herzustellen.

Nach beendigter Extraktion wurden noch 400 ccm destilliertes Wasser hinzugegeben, von denen der jedesmal ermittelte Wassergehalt der 200 g des vorliegenden Bodens abgezogen wurde; nach kräftigem Durchschütteln wurde kurze Zeit abstehen gelassen und durch ein gehärtetes Faltenfilter in eine trockene Flasche abfiltriert.

### Kalibestimmung.

100 ccm des salzsauren Bodenauszuges, welche 25 g Boden entsprechen, wurden in einer Platinschale über dem Wasserbade zur Trockne gedampft, wobei zu Beginn etwa ein halbes Gramm Calciumcarbonat zugegeben wurde, sofern der Boden nicht schon mit Säure ein Aufbrausen gezeigt hatte.

Der trockene Rückstand wurde vorsichtig auf einem Asbestdrahtnetze über einem Pilzbrenner in der Platinschale eine halbe Stunde lang bis fast zum Glühen erhitzt; die nunmehr bröcklich gewordene Masse wurde mit einem Glaspistill zu Pulver zerrieben und, um sicher zu sein, daß die organische Substanz ganz zerstört war, noch eine weitere halbe Stunde auf dem Asbestdrahtnetze bis zur schwachen Rotglut erhitzt. Der Schaleninhalt wurde darauf in ein 125 ccm fassendes Kölbchen gespült, dieses halb mit Wasser angefüllt und eine halbe Stunde lang im Wasserbade gekocht. Nach Erkalten wurde bis zur Marke aufgefüllt, gemischt und durch ein kleines trockenes Filter in ein 100 ccm fassendes

Kölbchen bis zur Marke hineinfiltriert. (Der Rückstand wurde für die Phosphorsäurebestimmung aufgehoben.) Die 100 ccm wurden in einer Porzellanschale auf dem Sandbade bis zu etwa 20 ccm eingedampft, dann 5 ccm 20 % Überchlorsäure hinzugegeben und so lange erhitzt, bis dicke weiße Nebel von Überchlorsäure entwichen. Nach Erkalten wurden 15 ccm 96 % Alkohol aufgegossen, der Niederschlag mit einem Glasstab zerrieben und nach kurzem Absetzenlassen durch einen Goochtiegel, der bei 120—130° vorgetrocknet und gewogen war, filtriert. Es wurde mit ca. 60 ccm Alkohol, der 0,2 % Überchlorsäure enthielt, alles übergespült und nachgewaschen; zur Verdrängung der Überchlorsäure wurden einige Tropfen 96 % Alkohol zum Schluß draufgegeben, der Tiegel eine halbe Stunde lang bei 120 bis 130° geglüht und das Kaliumperchlorat gewogen; die Menge des letzteren mit 0,6804 multipliziert ergibt die Menge des $K_2O$.

### Phosphorsäurebestimmung.

Zur Phosphorsäurebestimmung wurde der von der Kalibestimmung verbliebene unlösliche Rückstand benutzt. Nachdem die ganze kalihaltige Flüssigkeit abgetropft war, wurde das Filter mit dem Niederschlage in denselben 125 ccm fassenden Kolben gebracht, 5 ccm konzentrierte Schwefelsäure und etwa 60 ccm Wasser hineingegossen und eine halbe Stunde lang im Wasserbade gekocht. Nach Erkalten wurde bis zur Marke aufgefüllt, filtriert und 25 ccm des Filtrates (entsprechend 5 g Boden) in ein Erlenmeyersches Kölbchen gebracht. Hierzu wurden 25 ccm schwefelsäurehaltige Salpetersäure[1]) gegeben, das Gemisch erhitzt, beim Erscheinen der ersten Kochblasen etwas geschwenkt, um die Ueberhitzung der Seitenwände auszugleichen, und sofort mit 50 ccm Sulfat-Molybdänlösung[2]) versetzt. Das Gefäß wurde genau

[1]) Erhalten durch Vermischen von 30 ccm Schwefelsäure (spez. Gew. 1,84) mit 1 Liter Salpetersäure (spez. Gew. 1,20).

[2]) Herstellung: In eine $2^1/_2$ Literflasche, mit einer bei $2^1/_2$ Liter angebrachten Marke, wurden 125 g Ammonsulfat gegeben, mit 1125 ccm Salpetersäure vom spez. Gew. 1,40 übergossen und gut umgerührt. Nebenbei wurden in einem Erlenmeyer-Kolben 375 g zerkleinertes Ammonmolybdat mit 1 Liter siedendem Wasser übergossen; nach völligem Auflösen wurde abgekühlt und diese Lösung unter Umrühren in dünnem Strahl in die ammonsulfathaltige Salpetersäure gegossen. Dann wurde bis zur Marke aufgefüllt, gemischt und filtriert. Die Lösung wurde in einer braunen Flasche an einem dunklen Orte aufbewahrt.

5 Minuten lang bedeckt stehen gelassen, dann eine halbe Minute lang mit einem Glasstab kräftig umgerührt und nach 18 Stunden durch einen Goochtiegel mit kreisrundem Scheibchen aus fettfreiem Filtrierpapier filtriert. Die Scheibchen wurden tagszuvor aus fettfreiem Filtrierpapier (Pondus cineris un. filtr. diam. 11 cm 0,0007 g) geschnitten, eine Stunde lang bei 105° getrocknet und 24 Stunden lang ausgebreitet an der Luft liegen gelassen. — Der auf dem Filterscheibchen befindliche Niederschlag wurde viermal mit 2% Ammonnitratlösung[1]) übergossen, welche gleichzeitig zum Auswaschen des Fällungsglases benutzt wurde. Darauf wurde der Tiegel sofort einmal voll und zweimal halbvoll mit Aceton[2]) angefüllt und jedesmal abgesaugt. Der von außen sorgfältig abgewischte Tiegel wurde ohne Verzug für eine halbe Stunde in einen luftverdünnten Raum von nicht mehr als 150 mm Luftdruck gebracht und danach gleich gewogen. 1 Gramm dieses Ammonium-Phosphormolybdats enthält 0,03295 $P_2O_5$.

### Wasserbestimmung.

10 g des lufttrockenen Feinbodens wurden in ein verschließbares Wägegläschen eingewogen, drei Stunden lang bei 105° getrocknet, darauf verschlossen bis zum Erkalten in einen Exsiccator gestellt und zurückgewogen.

### Humusbestimmung.

10 g des lufttrockenen Feinbodens wurden in einen Porzellantiegel eingewogen, erst langsam vom Tiegelrande aus über einem etwa 3 cm hohen Bunsenflämmchen erhitzt, dann bei beginnender Rotglut über einer stärkeren Flamme so lange unter öfterem Umrühren mit einem Platinspatel stehen gelassen, bis alle kohligen Teerprodukte verbrannt waren. Nach Abkühlen im Exsiccator wurde zurückgewogen.

[1]) Falls die Lösung nicht schwach sauer reagierte, wurde sie mit einigen Tropfen Salpetersäure angesäuert.

[2]) Chemisch reines Aceton, das purissimum des Handels.

# 8. Tabellen.

Tabelle I.

**Stickstoff.**

*Angaben in Gew.-Proz. auf wasserfreien Feinboden berechnet.*

| Teilstück | Probe | 1905 | 1915 | Unterschied | Probe | 1915 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 10 | Ost | 0,0947 | 0,0970 | +0,0023 | 1. | 0,1119 |
| | Mitte | — | 0,0951 | — | 2. | 0,1084 |
| | West | 0,0983 | 0,1085 | +0,0102 | 3. | 0,1212 |
| | | | | | 4. | 0,1209 |
| 15 | Ost | 0,0837 | 0,0993 | +0,0156 | 1. | 0,1049 |
| | Mitte | — | 0,0950 | — | 2. | 0,1047 |
| | West | 0,0880 | 0,1020 | +0,0140 | 3. | 0,0976 |
| | | | | | 4. | 0,0979 |
| 20 | Ost | 0,0947 | 0,0991 | +0,0044 | 1. | 0,1012 |
| | Mitte | — | 0,0950 | — | 2. | 0,1034 |
| | West | 0,0981 | 0,1020 | +0,0039 | 3. | 0,1047 |
| | | | | | 4. | 0,1044 |

Tabelle II.

**Stickstoff.**

*Angaben in kg für 1 ha und 25 cm Tiefe, auf wasserfreien Feinboden berechnet.*

| Teilstück | Probe | 1905 | 1915 | Unterschied | Probe | 1915 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 10 | Ost | 3551,25 | 3637,50 | + 86,25 | 1. | 4196,25 |
| | Mitte | — | 3566,25 | — | 2. | 4065,00 |
| | West | 3686,25 | 4068,75 | +382,50 | 3. | 4545,00 |
| | | | | | 4. | 4533,75 |
| 15 | Ost | 3138,75 | 3723,75 | +585,00 | 1. | 3933,75 |
| | Mitte | — | 3562,50 | — | 2. | 3926,25 |
| | West | 3300,00 | 3825,00 | +525,00 | 3. | 3660,00 |
| | | | | | 4. | 3671,25 |
| 20 | Ost | 3551,25 | 3716,25 | +165,00 | 1. | 3795,00 |
| | Mitte | — | 3562,50 | — | 2. | 3877,50 |
| | West | 3678,75 | 3825,00 | +146,25 | 3. | 3926,25 |
| | | | | | 4. | 3915,00 |

Tabelle III.

**Kali.**

*Angaben in Gew.-Proz. auf wasserfreien Feinboden berechnet.*

| Teilstück | Probe | 1905 | 1915 | Unterschied |
|---|---|---|---|---|
| 10 | Ost | 0,054 | 0,044 | —0,010 |
| | Mitte | — | 0,055 | — |
| | West | 0,067 | 0,052 | —0,015 |
| 15 | Ost | 0,044 | 0,036 | —0,008 |
| | Mitte | — | 0,039 | — |
| | West | 0,044 | 0,036 | —0,008 |
| 20 | Ost | 0,048 | 0,041 | —0,007 |
| | Mitte | — | 0,041 | — |
| | West | 0,044 | 0,036 | —0,008 |

Tabelle IV.

**Phosphorsäure.**

*Angaben in Gew.-Proz. auf wasserfreien Feinboden berechnet.*

| Teilstück | Probe | 1905 | 1915 | Unterschied |
|---|---|---|---|---|
| 10 | Ost | 0,055 | 0,029 | —0,026 |
| | Mitte | — | 0,027 | — |
| | West | 0,055 | 0,028 | —0,027 |
| 15 | Ost | 0,034 | 0,027 | —0,007 |
| | Mitte | — | 0,030 | — |
| | West | 0,040 | 0,030 | —0,010 |
| 20 | Ost | 0,039 | 0,029 | —0,010 |
| | Mitte | — | 0,028 | — |
| | West | 0,037 | 0,031 | —0,006 |

Tabelle V.

**Kali.**

*Angaben in kg für 1 ha und 25 cm Tiefe, auf wasserfreien Feinboden berechnet.*

| Teilstück | Probe | 1905 | 1915 | Unterschied |
|---|---|---|---|---|
| 10 | Ost | 2025,0 | 1650,0 | — 375,0 |
| | Mitte | — | 2062,5 | — |
| | West | 2512,5 | 1950,0 | — 562,5 |
| 15 | Ost | 1650,0 | 1350,0 | — 300,0 |
| | Mitte | — | 1462,5 | — |
| | West | 1650,0 | 1350,0 | — 300,0 |
| 20 | Ost | 1800,0 | 1537,5 | — 262,5 |
| | Mitte | — | 1537,5 | — |
| | West | 1650,0 | 1350,0 | — 300,0 |

Tabelle VI.

**Phosphorsäure.**

*Angaben in kg für 1 ha und 25 cm Tiefe, auf wasserfreien Feinboden berechnet.*

| Teilstück | Probe | 1905 | 1915 | Unterschied |
|---|---|---|---|---|
| 10 | Ost | 2062,5 | 1087,5 | — 975,0 |
| | Mitte | — | 1012,5 | — |
| | West | 2062,5 | 1050,0 | —1012,5 |
| 15 | Ost | 1275,0 | 1012,5 | — 262,5 |
| | Mitte | — | 1125,0 | — |
| | West | 1500,0 | 1125,0 | — 375,0 |
| 20 | Ost | 1462,5 | 1087,5 | — 375,0 |
| | Mitte | — | 1050,0 | — |
| | West | 1387,5 | 1162,5 | — 225,0 |

Tabelle VII.

**Humus.**

*Angaben in Gew.-Proz. auf wasserfreien Feinboden berechnet.*

| Teilstück | Probe | 1905 | 1915 | Unterschied |
|---|---|---|---|---|
| 10 | Ost | 4,536 | 4,126 | — 0,410 |
| | Mitte | — | 3,885 | — |
| | West | 4,967 | 4,170 | — 0,797 |
| 15 | Ost | 5,003 | 3,945 | — 1,058 |
| | Mitte | — | 4,677 | — |
| | West | 5,229 | 4,172 | — 1,057 |
| 20 | Ost | 4,901 | 4,025 | — 0,876 |
| | Mitte | — | 4,066 | — |
| | West | 5,353 | 4,783 | — 0,570 |

Tabelle VIII.

**Humus.**

*Angaben in kg für 1 ha und 25 cm Tiefe, auf wasserfreien Feinboden berechnet.*

| Teilstück | Probe | 1905 | 1915 | Unterschied |
|---|---|---|---|---|
| 10 | Ost | 170100,0 | 154725,0 | — 15375,0 |
| | Mitte | — | 145687,5 | — |
| | West | 186262,5 | 156375,0 | — 29887,5 |
| 15 | Ost | 187612,5 | 147937,5 | — 39675,0 |
| | Mitte | — | 175387,5 | — |
| | West | 196087,5 | 156450,0 | — 39637,5 |
| 20 | Ost | 183787,5 | 150937,5 | — 32850,0 |
| | Mitte | — | 152475,0 | — |
| | West | 200737,5 | 179362,5 | — 21375,0 |

Tabelle IX.

**Wasser.**

*Angaben in Gew.-Proz.*

| Teilstück | Probe | 1905 | 1915 | Probe | 1915 |
|---|---|---|---|---|---|
| 10 | Ost | 2,032 | 1,600 | 1. | 1,270 |
| | Mitte | — | 1,608 | 2. | 1,320 |
| | West | 1,958 | 1,708 | 3. | 2,050 |
| | | | | 4. | 2,210 |
| 15 | Ost | 2,900 | 1,530 | 1. | 1,520 |
| | Mitte | — | 1,704 | 2. | 1,790 |
| | West | 1,902 | 1,518 | 3. | 2,180 |
| | | | | 4. | 1,700 |
| 20 | Ost | 2,110 | 1,680 | 1. | 1,860 |
| | Mitte | — | 1,686 | 2. | 1,690 |
| | West | 1,932 | 1,535 | 3. | 1,760 |
| | | | | 4. | 1,950 |

Tabelle X.

**Ernteergebnisse.**

*Angaben in kg für 1 ha.*

| Jahr u. Frucht | Teile der Ernte | Teilstücke 10 | 15 | 20 | Jahr u. Frucht | Teile der Ernte | Teilstücke 10 | 15 | 20 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1905 Bohnen | Körner | 2383 | 2217 | 2117 | 1911 Weizen | Körner | 1500 | 1400 | 1400 |
| | Stroh | 2750 | 2683 | 2683 | | Stroh | 2620 | 2200 | 2360 |
| | Spreu | 1683 | 1450 | 1667 | | Spreu | 280 | 280 | 280 |
| | Gesamt | 6816 | 6350 | 6467 | | Gesamt | 4400 | 3880 | 4040 |
| 1906 Roggen | Körner | 1800 | 1700 | 1740 | 1912 Roggen | Körner | 2180 | 2100 | 1900 |
| | Stroh | 2360 | 2700 | 2080 | | Stroh | 3540 | 3440 | 2840 |
| | Spreu | 320 | 300 | 240 | | Spreu | 360 | 280 | 300 |
| | Gesamt | 4480 | 4700 | 4060 | | Gesamt | 6080 | 5820 | 5040 |
| 1907 Klee | Gesamt | Ausgewintert | | | 1913 Kartoffeln | Knollen | 4000 | 2800 | 2800 |
| Vicia villos. u. Rüben 1908 | Wicken | 18600 | 20200 | 18800 | 1914 Weizen | Körner | 2600 | 2500 | 2400 |
| | Wurzeln | 22600 | 11000 | 16400 | | Stroh | 4140 | 4100 | 2800 |
| | Blätter | 15800 | 13000 | 10000 | | Spreu | 300 | 280 | 200 |
| | Gesamt | 57000 | 44200 | 45200 | | Gesamt | 7040 | 6880 | 5400 |
| 1909 Hafer | Körner | 2160 | 2040 | 1880 | 1915 Roggen | Körner | 1000 | 1040 | 800 |
| | Stroh | 2400 | 2340 | 2100 | | Stroh | 2080 | 1280 | 1360 |
| | Spreu | 180 | 180 | 160 | | Spreu | 180 | 180 | 160 |
| | Gesamt | 4740 | 4560 | 4140 | | Gesamt | 3260 | 2500 | 2320 |
| 1910 Kartoffeln | Knollen | 5460 | 5640 | 3640 | — | — | — | — | — |

# Lebenslauf.

Als Sohn des Rittergutsbesitzers Maximilian von Kreusch am 29. November 1892 in Riga geboren, besuchte ich, Maximilian v. Kreusch (evang.-luth. Konfession) nach genossener häuslicher Vorbildung auf dem Gute Saussen meines Vaters in Livland, 1904 und 1905 das v. Zeddelmannsche Privatgymnasium in Dorpat. Im August 1906 bestand ich das Aufnahmeexamen in die Quarta des damals soeben wieder eröffneten Livländischen Ritterschaftlichen Landesgymnasiums zu Birkenruh bei Wenden. Im Juni 1912 beendete ich dieses humanistische Gymnasium mit dem Reifezeugnis und bezog im Oktober desselben Jahres die Universität Leipzig, der ich bis jetzt als Student angehöre. Während dieser Zeit besuchte ich die Vorlesungen folgender Herren Professoren: Brahn, Chun, Eber, Eulenburg, Falke, Hantzsch, Kirchner, Löhnis, Meisenheimer, Pfeffer, Rinne, Stieda, Strecker, Wiener. Ferner arbeitete ich in den Laboratorien der Herren Professoren: Kirchner, Le Blanc (Praktikum mit Herrn Professor Boettger), Rinne, Wiener (Praktikum mit Herrn Professor Scholl).